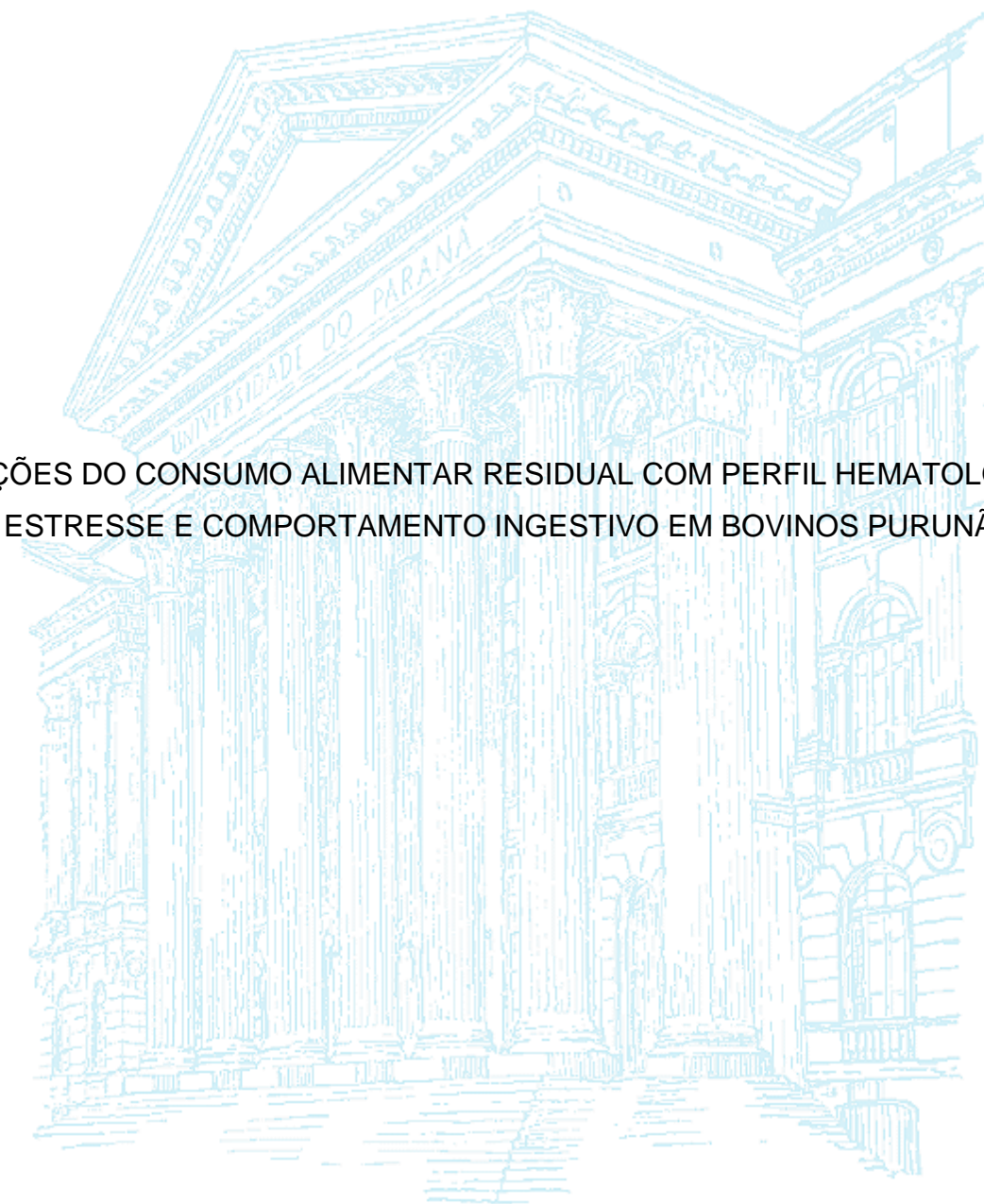


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ISABEL CRISTINA BONOMETTI STIEVEN

RELAÇÕES DO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL COM PERFIL HEMATOLÓGICO,
ESTRESSE E COMPORTAMENTO INGESTIVO EM BOVINOS PURUNÃ



CURITIBA

2012

ISABEL CRISTINA BONOMETTI STIEVEN

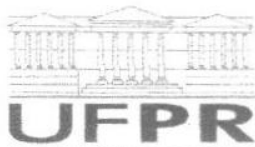
RELAÇÕES DO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL COM PERFIL HEMATOLÓGICO,
ESTRESSE E COMPORTAMENTO INGESTIVO EM BOVINOS PURUNÃ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Ciências Veterinárias, linha de pesquisa Nutrição Animal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Rossi Junior

CURITIBA

2012




**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
VETERINÁRIAS**

PARECER

A Comissão Examinadora da Defesa da Dissertação intitulada "RELAÇÕES DO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL COM PERFIL HEMATOLÓGICO, ESTRESSE E COMPORTAMENTO INGESTIVO EM BOVINOS PURUNÃ" apresentada pela Mestranda ISABEL CRISTINA BONOMETTI STIEVEN declara ante os méritos demonstrados pela Candidata, e de acordo com o Art. 79 da Resolução nº 65/09-CEPE/UFPR, considerou a candidata APTA para receber o Título de Mestre em Ciências Veterinárias, na Área de Concentração em Ciências Veterinárias.

Curitiba, 2 de fevereiro de 2012


Professor Dr. Paulo Rossi Junior
Presidente/Orientador


Professor Dr. Rodrigo de Almeida
Membro


Professor Dr. Rodrigo da Costa Gomes
Membro

*Aos meus amados pais Edmar e Sonia,
Aos meus irmãos Edmar, Letícia e Ana Beatriz,
Meu porto seguro, fontes de amor e incentivo.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Sonia e Edmar, que sempre me deram todas as condições para minha melhor formação e educação e o mais importante me passaram valores e princípios. Às minhas irmãs Letícia e Ana Beatriz e ao meu irmão Edmar por todos momentos compartilhados, pelas dificuldades enfrentadas e pelo apoio incondicional.

Ao meu Professor orientador Paulo Rossi Junior, pelo conhecimento compartilhado, por todo empenho e ajuda no desenvolvimento deste projeto, por priorizar o melhor para seus orientados e alunos, por ser um exemplo de profissional e pessoa batalhadora, com uma história de vida especial. Pela amizade verdadeira e confiança ao longo deste trabalho.

A todos Professores que cooperaram para minha formação, que auxiliaram neste trabalho. Ao Prof. Patrick Schmidt e Profa. Simone Gisele de Oliveira que participaram da minha qualificação e agregaram conhecimentos e melhorias para este trabalho.

Ao Prof. Rodrigo Almeida pelo tempo despendido e paciência para análise estatística dos dados, pelo conhecimento compartilhado, pelas opiniões e comentários sempre bem sensatos e de fundamento.

A Universidade Federal do Paraná pelo estudo, pelo conhecimento adquirido ao longo da graduação e do mestrado, por toda estrutura que tornou esta conquista uma realidade.

A CAPES pela concessão da bolsa ao longo do mestrado.

Ao IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná), em especial a Fazenda Modelo por conceder os animais, o confinamento, alimentação, alojamento durante o experimento.

Ao administrador da fazenda, Professor José Luiz Moletta por toda ajuda, paciência e auxílio necessário para andamento do experimento.

A todos os funcionários do IAPAR que ajudaram na realização do experimento: Alcimar, Luís Maurício, Luís, João Carlos, Zé do Fano, Arlindo, Josemar, Luís Carlos, Motta e Vera. Em especial a João Carlos e família pelo acolhimento de todos estagiários, pelas jantas, cavalgada, mateadas e ajuda no churrasco de encerramento.

A Professora Elizabeth Santin por conceder o uso do LABMOR e da leitora de ELISA para realização das análises de cortisol. A Maristela e a Fujita pela ajuda nas análises.

A todos Professores, funcionários e estagiários do Laboratório de Nutrição Animal que realizaram as análises bromatológicas e concederam as estufas para análises de matéria seca.

Aos meus amigos e colegas pós-graduandos Sergio, Giovana, Damaris, Aline Fujita, Keila, Noellene, Veridiana, Leonardo, Edson, André, em especial ao Sergio e a Giovana por todo projeto que desenvolvemos juntos no experimento.

Ao Sergio pela estatística, pelos ensinamentos, por ajudar nas minhas dúvidas, pela amizade e convivência no alojamento de estagiários da fazenda durante 4 meses.

Às amigas, Luciana e Damaris pelo tempo, atenção e ajuda na confecção e na leitura das lâminas com esfregaço sanguíneo.

Aos amigos, Thiago e a Andréia Mariani pelo auxílio na digitação dos infundáveis dados de comportamento.

A todos estagiários, amigos que participaram dos tratos, avaliações e coletas: Nelson, Giuliano, Patrick, Gustavo, Marena, Laura, Lívia, Edemar, André, Antonio. Obrigada pela cooperação neste trabalho, pela diversão, pela convivência.

Ao Miguel por toda ajuda, pelo início deste projeto há 3 anos, pelo incentivo a continuação do mesmo.

A todos estagiários, mestrandos e doutorandos do LAPBOV, pelos bons momentos, pela parceria na produção de resumos, trabalhos, artigos, apresentações, pelas risadas e distrações que tornavam o cotidiano mais divertido.

A Amanda pela amizade, por cuidar e organizar o LAPBOV, por ser prestativa, pelo conhecimento e auxílio na produção científica do laboratório.

A todas minhas amigas verdadeiras, minhas amigas de infância, que são a família que escolhi: Suyan, Danila, Katia, Fairuz, Lorena, Karen, Thalita e Renata, pelas lembranças inesquecíveis, pelos maravilhosos e divertidos reencontros.

*“Pensar é o trabalho mais difícil que existe,
esta é a provável razão porque tão poucos se engajem a ele.”*

Henry Ford

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CONFINAMENTO COBERTO COM BAIAS E COCHOS INDIVIDUAIS E PISO DE CIMENTO NA FAZENDA MODELO DO IAPAR EM PONTA GROSSA – PR.....	22
FIGURA 2 - ESFREGAÇO SANGUÍNEO DOS ANIMAIS PURUNÃ PARA CONTAGEM DIFERENCIAL DE LEUCÓCITOS.....	27
FIGURA 3 - RELAÇÃO DO CONSUMO OBSERVADO E O CONSUMO ESTIMADO DE NOVILHOS PURUNÃ EM CONFINAMENTO.....	30
FIGURA 4 - PRIMEIRA PENEIRA COM ABERTURAS DE 19 MM (ACIMA À ESQUERDA), SEGUNDA PENEIRA COM ABERTURAS DE 7,8 MM (ABAIXO À ESQUERDA), TERCEIRA PENEIRA DE 1,7 MM (ABAIXO À DIREITA) E O FUNDO COM AS MENORES PARTÍCULAS (ACIMA À DIREITA).....	49

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	COMPOSIÇÃO DA RAÇÃO TOTAL MISTURADA COM BASE NA MATÉRIA SECA.....	24
TABELA 2 -	COMPOSIÇÃO BROMATÓLOGICA DA SILAGEM DE MILHO UTILIZADA NO EXPERIMENTO.....	24
TABELA 3 -	COMPOSIÇÃO BROMATÓLOGICA DA RAÇÃO TOTAL MISTURADA UTILIZADA NO ESTUDO OBTIDA PELO RLM VERSÃO 3.2 (2009).....	25
TABELA 4 -	CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO E EFICIÊNCIA DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ DE CLASSES DE ALTO, MÉDIO E BAIXO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR).....	31
TABELA 5 -	MÉDIAS, DESVIOS-PADRÃO E CORRELAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO E EFICIÊNCIA COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (r_{CAR}) E COM A CONVERSÃO ALIMENTAR (r_{CA}) EM DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ.....	32
TABELA 6 -	ERITROGRAMA DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ DE CLASSES DE ALTO, MÉDIO E BAIXO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR).....	34
TABELA 7 -	MÉDIAS, DESVIOS-PADRÃO E CORRELAÇÕES DAS VARIÁVEIS DO ERITROGRAMA COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (r_{CAR}) E COM A CONVERSÃO ALIMENTAR (r_{CA}) DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ.....	35
TABELA 8 -	LEUCOGRAMA DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ DE CLASSES DE ALTO, MÉDIO E BAIXO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR).....	36
TABELA 9 -	MÉDIAS, DESVIOS-PADRÃO E CORRELAÇÕES DAS VARIÁVEIS DO LEUCOGRAMA COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (r_{CAR}) E COM A CONVERSÃO ALIMENTAR (r_{CA}) DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ.....	37
TABELA 10 -	INDICATIVOS DE ESTRESSE DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ DE CLASSES DE ALTO, MÉDIO E BAIXO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)	38

TABELA 11 - MÉDIAS, DESVIOS-PADRÃO E CORRELAÇÕES DOS PARÂMETROS INDICATIVOS DE ESTRESSE COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (r_{CAR}) E COM A CONVERSÃO ALIMENTAR (r_{CA}) EM BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ.....	39
TABELA 12 - PARÂMETROS DO COMPORTAMENTO INGESTIVO DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ DE CLASSES DE ALTO, MÉDIO E BAIXO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR).....	51
TABELA 13 - MÉDIAS, DESVIOS-PADRÃO E CORRELAÇÕES DOS PARÂMETROS DO COMPORTAMENTO INGESTIVO COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (r_{CAR}) E COM A CONVERSÃO ALIMENTAR (r_{CA}) DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ.....	53
TABELA 14 - PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO DA RAÇÃO TOTAL MISTURADA (RTM) EM PENEIRAS DE DIFERENTES DIÂMETROS SEGUNDO HEINRICHS E KONONOFF (2002) E DA AMOSTRA DA RTM FORNECIDA NO EXPERIMENTO COM BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ.....	55
TABELA 15 - DISTRIBUIÇÃO DAS SOBRAS DIÁRIAS DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ DE CLASSES DE ALTO, MÉDIO E BAIXO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR), EM PENEIRAS DE DIFERENTES DIÂMETROS.....	56
TABELA 16 - MÉDIAS, DESVIOS-PADRÃO E CORRELAÇÕES COM A DISTRIBUIÇÃO DAS SOBRAS DIÁRIAS EM PENEIRAS DE DIFERENTES DIÂMETROS COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (r_{CAR}) E COM A CONVERSÃO ALIMENTAR (r_{CA}) DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS

ACTH	-	Hormônio Adrenocorticotrófico
BAS	-	Basófilos
BAST	-	Bastonetes
CA	-	Consumo Alimentar
CAR	-	Consumo Alimentar Residual
CHGM	-	Concentração de Hemoglobina Globular Média
CMS	-	Consumo de Matéria Seca
CMSest	-	Consumo de Matéria Seca estimado
CMSobs	-	Consumo de Matéria Seca observado
CMSPV	-	Consumo de Matéria Seca em relação ao Peso Vivo
CORT	-	Cortisol
DP	-	Desvio-padrão
EA	-	Eficiência Alimentar
EDTA	-	Anticoagulante Etilenodiaminotetracético
EOS	-	Eosinófilos
FDN	-	Fibra em Detergente Neutro
FIB	-	Fibrinogênio
GMD	-	Ganho Médio Diário
HEM	-	Hemácias
HGB	-	Hemoglobina
HT	-	Hematócrito
IAPAR	-	Instituto Agrônomo do Paraná
LEUC	-	Leucócitos
LINF	-	Linfócitos

MON	- Monócitos
MS	- Matéria Seca
NEU	- Neutrófilos
PB	- Proteína Bruta
PLAQ	- Plaquetas
PMMet	- Peso Médio Metabólico
PPT	- Proteínas Plasmáticas Totais
PV	- Peso Vivo
PVF	- Peso Vivo Final
PVI	- Peso Vivo Inicial
REL N/L	- Relação Neutrófilo:Linfócito
RTM	- Ração Total Misturada
SAS	- Statistical Analysis System
SPPS	- Separador de Partículas <i>Penn State</i>
TMPS	- Tamanho Médio de Partículas nas Sobras
VELS	- Velocidade de Saída do Tronco
VGM	- Volume Globular Médio

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - EFICIÊNCIA ALIMENTAR, ESTRESSE E COMPORTAMENTO INGESTIVO DE BOVINOS DE CORTE	1
1 INTRODUÇÃO	3
2 REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1 EFICIÊNCIA ALIMENTAR	5
2.2 EFICIÊNCIA ALIMENTAR E ESTRESSE	7
2.3 EFICIÊNCIA ALIMENTAR E O COMPORTAMENTO INGESTIVO	9
2.4 SELETIVIDADE DE TAMANHO DE PARTÍCULAS	11
3 CONSIDERAÇÕES	13
REFERÊNCIAS	14
 CAPÍTULO II – CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E SUAS RELAÇÕES COM O PERFIL HEMATOLÓGICO E ESTRESSE DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ	 17
1 INTRODUÇÃO	19
2 MATERIAL E MÉTODOS	21
2.1 LOCAL E PERÍODO DO EXPERIMENTO	21
2.2 ANIMAIS EXPERIMENTAIS	22
2.3 MANEJO EXPERIMENTAL	23
2.4 DIETA EXPERIMENTAL	23
2.5 CONSUMO E DESEMPENHO	25
2.6 PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS	26
2.7 REATIVIDADE	27
2.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	28
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
3.1 CONSUMO E DESEMPENHO	29
3.2 PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS	33
3.3 REATIVIDADE	37
4 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	41

CAPÍTULO III – CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E SUAS RELAÇÕES COM O COMPORTAMENTO INGESTIVO E SELEÇÃO DA DIETA EM BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ.....	44
1 INTRODUÇÃO.....	46
2 MATERIAL E MÉTODOS	48
2.1 COMPORTAMENTO INGESTIVO.....	48
2.2 SELETIVIDADE DO TAMANHO DE PARTÍCULAS.....	48
2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	50
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
3.1 COMPORTAMENTO INGESTIVO.....	51
3.2 SELETIVIDADE DO TAMANHO DE PARTÍCULAS.....	55
4 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS.....	62
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65

CAPÍTULO I - EFICIÊNCIA ALIMENTAR, ESTRESSE E COMPORTAMENTO INGESTIVO DE BOVINOS DE CORTE

RESUMO

A eficiência alimentar é uma das características mais importantes em animais de produção. O consumo alimentar residual (CAR) foi desenvolvido em 1963, porém começou a ser utilizado somente na década de 90 para identificar e selecionar animais mais eficientes. O CAR é afetado por todo metabolismo do animal e, por isso, correlações com metabólitos e características de comportamento têm sido pesquisadas para melhor explicação da eficiência alimentar. Foram identificados cinco principais fatores que explicam a variação do CAR: ingestão e digestão de alimentos, metabolismo (anabolismo e catabolismo associados com a variação na composição corporal), atividade e termorregulação. O estresse e o metabolismo explicam 37% da variação no CAR, enquanto padrões de alimentação e digestibilidade explicam 12%. Concentrações séricas de cortisol já foram relacionadas negativamente com a eficiência alimentar. O comportamento ingestivo está diretamente associado à quantidade de alimento que o animal ingere, diferindo em animais mais ou menos eficientes. Processos responsáveis por mais de 25% da variação da eficiência alimentar ainda não foram explicados. Esclarecer as fontes de variação e identificar animais eficientes são objetivos importantes para a produção de bovinos de corte atualmente. O estudo e a revisão sobre a eficiência alimentar de bovinos e a sua correlação com estresse e comportamento ingestivo é o objetivo deste trabalho.

Palavras-chave: consumo alimentar residual; cortisol; tempo de alimentação; visitas ao cocho

CHAPTER I - FEED EFFICIENCY, STRESS AND FEEDING BEHAVIOR IN BEEF CATTLE

ABSTRACT

Feed efficiency is one of the most important traits in animal production. Residual feed intake (RFI) was developed in 1963, but only in the 90's it started to be used to identify and select efficient animals. RFI is affected by the whole animal metabolism and therefore correlations with metabolic and behavioral characteristics have been researched for better feed efficiency explanation. Five major factors were identified that explain RFI variation: feed ingestion, feed digestion, metabolism (anabolism and catabolism associated with body composition), activity and thermoregulation. Stress and metabolism explain 37% of RFI variation, while feeding patterns and digestibility explain 12%. Cortisol levels have been negatively related to feed efficiency. Feeding behavior is directly related to feed ingested quantity, which differs in efficient or inefficient animals. Processes responsible for more than 25% of feed efficiency variation have not been explained. Clarifying variation sources and identifying efficient animals are the most important goals for beef cattle production nowadays. Cattle feed efficiency study and review correlated with stress and feeding behavior is the aim of this study.

Keywords: cortisol; feed bunk attendance; feeding duration; residual feed intake

1 INTRODUÇÃO

Um sistema de produção animal depende da eficiência para produzir mais com o menor custo possível. É notório que um dos maiores investimentos da produção é com a alimentação animal, particularmente em sistemas intensivos. Por isso, quanto mais eficiente os animais de um rebanho, quanto menor as perdas e os excessos, mais eficiente será o sistema de produção.

A cadeia da bovinocultura de corte brasileira busca animais com maiores índices de ganho de peso, melhores características de carcaça e de reprodução, sem selecionar animais de maior eficiência alimentar, visando menor custo de produção. Além do aspecto econômico, o impacto ambiental também é diminuído quando se utilizam animais mais eficientes.

Outras cadeias produtivas, como a suinocultura e a avicultura, já estão muito mais evoluídas comparadas à bovinocultura de corte, principalmente na área de nutrição e alimentação.

Os índices utilizados para eficiência alimentar, que já são amplamente difundidos, apresentam algumas desvantagens. A conversão alimentar, por exemplo, considera o tamanho final dos animais, o que acaba por selecionar animais com elevado peso adulto na terminação.

Um índice alternativo que pode ser utilizado para identificar animais mais eficientes é o consumo alimentar residual (CAR). Esta ferramenta foi proposta por Koch et al. (1963), porém não foi disseminada e foi pouco explorada por pesquisadores na época. Somente na década de 90, pesquisadores australianos e canadenses começaram a realizar estudos sobre esta medida. O CAR já foi incluído em associações oficiais de raças para avaliação e seleção, como por exemplo da raça Angus na Austrália (Angus Society of Australia, 2010).

O CAR é baseado no consumo de matéria seca (MS) pelo animal, seu peso vivo metabólico e média de ganho de peso em um determinado período de tempo. Conforme relatado por Herd et al. (2004), os principais fatores de variação no consumo alimentar residual são: digestibilidade (10%), incremento calórico (9%), composição

corporal (5%), atividade física (10%), comportamento ingestivo (2%), metabolismo e estresse (37%) e outros processos (27%). Como pode ser percebido, os responsáveis pela maior parte desta variação são o metabolismo e o estresse.

Segundo Nkrumah et al. (2006) o comportamento ingestivo interfere na digestibilidade da dieta (matéria seca e proteína bruta). Esses autores encontraram correlação negativa entre tempo de alimentação diário e digestibilidade aparente da MS ($r = -0,55$) e da proteína bruta ($r = -0,47$). Os mesmos autores ainda relataram correlação positiva entre o tempo de alimentação e perdas pela produção fecal e de metano.

Vários fatores, tanto animal quanto ambiental, afetam e estão correlacionados com a eficiência alimentar. Estudos sobre tais correlações e fontes de variação são importantes para identificação e seleção de animais mais eficientes. Desta forma, o objetivo deste trabalho é estudar a eficiência alimentar de bovinos e a sua correlação com estresse e comportamento ingestivo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 EFICIÊNCIA ALIMENTAR

Os índices eficiência e conversão alimentar são calculados a partir da quantidade consumida de alimento e o ganho de peso. Estes índices não levam em conta o peso vivo, nem o peso final do animal, o que acaba por selecionar animais maiores. Tais animais podem ter um custo de produção mais elevado, pois a maior parte da energia metabolizável consumida pelos mesmos é gasta em manutenção.

No caso de zebuínos a pasto, a energia destinada à manutenção representa aproximadamente 64% (Moraes et al., 2009). Bovinos de raças européias (Angus, Hereford, Simental e Jersey) em confinamento apresentaram gastos de 70% da energia total consumida para manutenção, sendo que apenas 5% desta energia consumida é utilizada na deposição de proteínas (Ferrel e Jenkins, 1984). Enquanto isso, aves e suínos convertem 22% e 14%, respectivamente da energia ingerida para deposição de proteínas (Okine et al., 2004).

O peso adulto de bovinos possui herdabilidade moderada a alta, aproximadamente 0,5 (Koots et al., 1994). Enquanto que a energia gasta em manutenção apresenta herdabilidade de moderada a alta ($h^2 = 0,22$ a $0,71$) (Bishop, 1992; Carstens et al., 1989 citado por Okine et al., 2004). Estes fatos implicam que as ferramentas utilizadas para avaliar eficiência alimentar devem considerar o peso vivo do animal para seleção dos mais eficientes.

Desta forma, devemos recorrer a alternativas para identificar animais mais eficientes e uma delas é o consumo alimentar residual (CAR), que é calculado pela subtração do consumo observado pelo consumo estimado. O consumo observado é obtido através das pesagens diárias da quantidade oferecida e quantidade restante de cada animal após os tratamentos. Já o consumo estimado é obtido através de equações de regressão ajustadas para peso vivo metabólico e taxa de ganho de peso calculado para um grupo de animais testados por um determinado período de tempo (Arthur et al., 2001a).

Estudos encontraram diferenças de consumo diário de até 2,94 kg de MS entre o animal mais eficiente e o menos eficiente para o mesmo ganho de peso (Almeida et al., 2004). Portanto, animais com mesmo ganho de peso podem consumir menos, tendo um custo menor de produção.

A herdabilidade do CAR apresentou valores moderados de 0,28 (Koch et al., 1963) até 0,49 (Arthur et al., 2001b) em alguns estudos. Isto demonstra que esta característica pode ser utilizada como característica para seleção em melhoramento genético. É importante ressaltar que estas herdabilidades referem-se a *Bos taurus*. Outras raças de diferentes procedências devem ser pesquisadas para verificar se os valores da herdabilidade são semelhantes àqueles já encontrados.

Uma das principais barreiras para mensuração do CAR é o custo. Isto porque deve ser obtido diariamente o consumo de cada animal, exigindo instalações apropriadas e acompanhamento diário. Normalmente, os animais avaliados para eficiência alimentar são confinados em baias individuais.

Existem equipamentos que possuem sistemas automatizados que fazem a mensuração da quantidade de alimento ingerido de cada animal confinado, como: o GrowSafe System®, o Calan gate® e o RIC (Roughage Intake Control) System®. Estes sistemas também são capazes de determinar quanto tempo cada animal despende para se alimentar e quantas visitas ao cocho são feitas diariamente, fornecendo dados sobre o comportamento alimentar dos animais.

A produção de carne bovina no Brasil é realizada predominantemente a pasto. Devido a preocupação com criações em pastagens, Herd et al. (2004) testaram e comprovaram a eficiência da progênie de animais com baixo CAR (mais eficientes) a pasto. Estes autores demonstraram que touros das raças Angus e Hereford, com eficiência comprovada para CAR em sistemas confinados, tiveram progênies com eficiência 41% superior a pasto.

Animais mais eficientes utilizam melhor os nutrientes oferecidos e, por isso, a eliminação de componentes impactantes no meio ambiente como carbono, metano, fezes, é menor em relação a animais menos eficientes para uma mesma produção de carne (Basarab et al., 2003; Nkrumah et al., 2006).

2.2 EFICIÊNCIA ALIMENTAR E ESTRESSE

O estresse possui influência importante no metabolismo dos animais. Uma das formas objetivas mais comuns de avaliação do nível de estresse nos animais é quantificar o cortisol sérico.

O cortisol é um glicocorticóide secretado na glândula adrenal, que possui efeito catabólico no metabolismo das gorduras, aumentando a taxa de lipólise e inibindo a síntese protéica. Os glicocorticóides estimulam a neoglicogênese hepática, que envolve a conversão de aminoácidos, lactato e glicerol em glicose. Como consequência, ocorre o aumento de glicogênio hepático e da glicose sanguínea. Estas alterações no metabolismo acontecem quando o animal é sujeito a uma situação de estresse. Nesta situação, o sistema límbico envia um sinal ao hipotálamo que, por sua vez, aciona a pituitária anterior e esta estimula a produção de cortisol pelo córtex da adrenal. O cortisol apresenta concentrações variáveis ao longo do dia, chamadas variações circadianas. Normalmente a concentração de glicocorticóides é maior nas primeiras horas do dia e diminuem à noite (Greco e Stabenfeldt, 2004).

A relevância dos glicocorticóides levou pesquisadores a investigar a interferência destes hormônios na eficiência alimentar. Richardson et al. (2004) afirmaram que a concentração de cortisol em animais menos eficientes pode ser mais do que duas vezes superior àquela concentração em animais mais eficientes (baixo CAR).

Luiting et al. (1994) avaliaram a resposta da corticosterona após indução pelo hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) em linhagens de aves testadas para eficiência alimentar. O ACTH estimula a produção de hormônios da glândula adrenal, principalmente o cortisol. As aves de linhas selecionadas para baixo CAR (mais eficientes) apresentaram menores concentrações máximas de cortisol após a indução pelo ACTH.

Em ovinos selecionados para alto CAR e alta conversão alimentar (menos eficientes), a concentração de cortisol foi maior antes e após indução por ACTH (Knott et al., 2008).

Além do cortisol, a contagem diferencial de leucócitos também está relacionada ao estresse. Fernandes (2010) testou cordeiros em período de estresse, na desmama e relatou aumento na concentração de cortisol e na relação neutrófilo:linfócito (REL N/L) 20 dias após a desmama. O nível de cortisol diminuiu e estabilizou a partir de 40 dias enquanto a REL N/L continuou alta até 60 dias após a desmama. Estes dados indicam que a REL N/L representa uma resposta crônica ao estresse, enquanto o cortisol representa uma resposta aguda. O padrão das células sanguíneas leva mais tempo para ser alterado, uma vez que é controlado pela produção das mesmas na medula. Já o cortisol é um hormônio produzido na glândula adrenal, sendo rapidamente liberado e metabolizado pelo organismo.

Animais com baixo e alto CAR podem ter contagem de células brancas divergentes e relacionadas à eficiência alimentar. Diferenças entre o perfil dos parâmetros sanguíneos entre animais mais e menos eficientes, principalmente para contagem de células brancas, nível de hemoglobina, hematócrito e percentagem de monócitos foram encontradas por Richardson et al. (2002). A mensuração de cortisol sérico pode esclarecer uma parte da variação do CAR, influenciando a eficiência alimentar.

Gomes et al. (2008) mensuraram cortisol sérico após indução de estresse moderado, feito por jejum alimentar e hídrico de 24 horas. Os autores constataram maior nível de cortisol sérico ($P < 0,05$) em animais menos eficientes (alto CAR). Não foi detectada alteração na contagem de células brancas, provavelmente devido ao estresse moderado.

Conforme indicam as pesquisas supracitadas, os animais menos eficientes (maior CAR) são mais suscetíveis a situações de estresse do que animais mais eficientes. Associações de indicativos de estresse, como concentração de cortisol e contagem diferencial de células brancas, podem ser utilizadas para correlacionar a eficiência alimentar com o estresse.

Métodos subjetivos são utilizados como tentativas de identificar animais mais estressados. Corvino et al. (2009) testaram animais da raça Nelore para CAR e tentaram correlacionar com animais de alta e baixa reatividade. Os pesquisadores deram notas de reatividade no tronco de 1 a 5. A nota 1 era para o animal menos

reativo e 5 para o mais reativo. Os autores não encontraram diferença significativa entre as diferentes classes de CAR e as notas de reatividade dos animais. Os animais ficaram mais agitados e inquietos nas primeiras vezes em que são manejados no tronco, porém se tornam mais calmos nos manejos subsequentes. A ausência de resultado foi atribuída a adaptação ao manejo no tronco e ao manejo diário dos animais no confinamento, que os tornam mais adaptados a situações que possam causar estresse.

2.3 EFICIÊNCIA ALIMENTAR E O COMPORTAMENTO INGESTIVO

O comportamento ingestivo é importante quando se pesquisa índices de eficiência alimentar para que se permita buscar correlações dos hábitos de alimentação dos animais com maior ou menor eficiência.

Animais com valores divergentes de CAR podem apresentar comportamentos diferentes, quanto ao número de visitas ao cocho. Golden et al. (2008) demonstraram que animais mais eficientes visitaram o cocho menos vezes ($P < 0,05$) por dia em relação aos menos eficientes (11 vs. 18, respectivamente). Os mesmos autores também relataram que os animais menos eficientes apresentaram uma maior variação no consumo de alimento ao longo da pesquisa, em relação aos animais mais eficientes.

A variação diária de consumo de alimento também afeta negativamente o metabolismo do animal, podendo ocasionar acidose subclínica e redução no consumo de matéria seca (Owens et al., 1998).

Nkrumah et al. (2007) encontraram diferenças ($P > 0,01$) em relação a valores de CAR e o comportamento ingestivo. Animais mais eficientes (baixo CAR) passaram menos tempo se alimentando, tiveram menor frequência de alimentação e permaneceram menos tempo com a cabeça abaixada em relação aos animais menos eficientes. Estes resultados foram obtidos da progênie de animais cruzados selecionados para CAR por 30 anos.

Richardson e Herd (2004) tentaram quantificar a contribuição de alguns fatores para a variação do CAR e concluíram que os padrões de alimentação contribuíram em

2% da variação. Os autores mostraram que novilhos com alto CAR (menos eficientes) passaram mais tempo se alimentando em relação aos mais eficientes.

Resultados semelhantes foram encontrados por Nkrumah et al. (2006). Estes autores notaram diferença significativa ($P < 0,01$) no tempo de alimentação entre grupos de novilhos com valores de alto, médio e baixo CAR. Os animais mais eficientes (baixo CAR) passaram menos tempo se alimentando por dia e apresentaram menor número de visitas ao cocho em relação aos animais menos eficientes (alto CAR). Os novilhos com médio CAR apresentaram valores intermediários em comparação àqueles com alto e baixo CAR.

Correlações entre tempo de alimentação e digestibilidade aparente da MS e da proteína bruta (PB) de $r = -0,55$ e $r = -0,47$, respectivamente, foram encontradas por Nkrumah et al. (2006). Quanto maior foi o tempo despendido para alimentação (animais menos eficientes), menor foi a digestibilidade aparente da MS e da PB. Segundo esta pesquisa, a produção fecal e de metano produzida diariamente também apresentou correlação com o tempo de alimentação ($r = 0,54$ e $r = 0,51$, respectivamente).

Em relação à posição do animal no confinamento, Trettel et al. (2008) encontraram que bovinos da raça Nelore menos eficientes (alto CAR) permaneceram mais tempo em estação em relação aos mais eficientes ($P < 0,10$). Os autores afirmam que os animais menos eficientes passam mais tempo em estação, alimentando-se, em função da maior ingestão diária de alimentos.

Nkrumah et al. (2007) avaliaram progênie de bovinos quanto a desempenho e comportamento ingestivo. Estes autores relataram correlação entre o tempo de alimentação destes bovinos com o CAR ($r = 0,49$), já a correlação entre frequência de alimentação (em eventos por dia) e CAR apresentou menor valor ($r = 0,18$). A herdabilidade estimada para tempo de alimentação, tempo de alimentação com a cabeça abaixada e frequência de alimentação foram 0,57; 0,33 e 0,38; respectivamente. Estes resultados indicam a influência do comportamento ingestivo no consumo e, conseqüentemente, na eficiência alimentar.

2.4 SELETIVIDADE DE TAMANHO DE PARTÍCULAS

É comprovado que os ruminantes selecionam o alimento que consomem. Nas pastagens, bovinos selecionam preferencialmente as folhas, provavelmente por possuírem valor nutritivo superior e serem mais facilmente apreendidas. Considerando que os animais selecionam a pastagem, é provável que eles também selecionem outros alimentos, como a silagem.

Heinrichs e Kononoff (2002) desenvolveram um equipamento que torna possível estimar a porcentagem de tamanhos de partículas presentes na silagem, chamado Separador de Partículas *Penn State* (SPPS). Também pode ser avaliada a ração total misturada (RTM) e pré-secados oferecidos aos animais. Os pesquisadores sugerem o tamanho de partículas recomendado para cada tipo de alimento.

O SPPS é composto por três peneiras, que diminuem o diâmetro das perfurações gradativamente e o fundo. A primeira peneira com que a amostra do alimento (silagem, pré-secado ou RTM) entra em contato possui aberturas com diâmetro de 19 mm, a segunda com 7,8 mm e a terceira e última peneira 1,7 mm. A partir do peso total, calcula-se a porcentagem de peso retido por cada peneira.

O SPPS normalmente é utilizado para avaliar o alimento oferecido aos animais, mas também pode ser utilizado para análise das sobras desses animais. Oliveira et al. (2011) utilizaram este equipamento para avaliar a RTM com diferentes cortes de silagem e níveis de concentrado em bovinos de corte confinados. Estes autores também avaliaram o comportamento ingestivo destes animais em relação a estas diferentes dietas.

Neumann et al. (2009) avaliaram o alimento oferecido aos bovinos de corte em confinamento e também as sobras dos mesmos. Estes pesquisadores também relacionaram a separação de partículas ao comportamento ingestivo.

Kononoff et al. (2003) avaliaram o efeito da redução do tamanho de partículas da silagem de milho no comportamento ingestivo e fermentação ruminal em vacas de leite. Os autores observaram que as vacas com as menores e as maiores partículas na dieta (tamanho médio de 7,4mm e 8,8mm, respectivamente) passaram mais tempo em

alimentação e ruminação. Os autores também apontam que a redução do tamanho de partícula aumentou o consumo linearmente, porém não alterou a produção de leite.

O tamanho de partículas da dieta oferecida influi em maior ou menor seleção dos animais. Dietas com partículas maiores do que 19 mm são mais facilmente separadas pelos animais (Kononoff et al. 2003). A maior parte dos estudos com o SPPS são realizados com vacas de leite. Ainda existem poucas pesquisas com gado de corte.

Na avicultura, o efeito do tamanho da partícula sobre a ingestão de alimentos é estudado intensamente nesta cadeia produtiva, uma vez que estes animais não são ruminantes e seu alimento em geral é baseado essencialmente em milho e soja. O mesmo ocorre com a espécie suína. Portela et al. (1988, 1987) encontraram que as aves escolhem as partículas grandes e selecionam ingredientes com base no tamanho da partícula. Segundo este autor, as aves poedeiras selecionam as partículas maiores inicialmente, mas consomem as partículas maiores também, quando somente as últimas são oferecidas às aves.

O processo que determina o tamanho das partículas na indústria de aves é o peneiramento. Isto porque, já são determinados tamanhos ideais otimização da resposta pelo animal, uma vez que o tamanho destas partículas pode influenciar na digestibilidade dos nutrientes e, conseqüentemente no desempenho dos mesmos. São necessários muitos estudos e pesquisas, para que possamos determinar tamanhos de partículas adequados para ruminantes, uma vez que nesta espécie eles são mais complexos por envolver dois tipos de alimentos, o volumoso e o concentrado.

3 CONSIDERAÇÕES

A seleção de animais eficientes é imprescindível para a bovinocultura de corte. A variação do CAR se deve a vários fatores, principalmente ao estresse e ao metabolismo e o estudo destes é uma ferramenta auxiliar importante que pode ser explorada para identificação de bovinos mais eficientes. A seleção do tamanho de partículas na dieta realizada pelos animais está ligada ao comportamento ingestivo e a sua influência na eficiência alimentar ainda é desconhecida. Pesquisas sobre características relacionadas a eficiência alimentar são importantes para aprimoramento dos sistemas de produção de bovinos de corte.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D. Consumo alimentar residual: um novo parâmetro para avaliar a eficiência alimentar de bovinos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. p.4.

ANGUS SOCIETY OF AUSTRALIA. Index for Net Feed Intake Pages. Disponível em: <http://www.angusaustralia.com.au>. Acesso em 15 de abril de 2010.

ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J. et al. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 2805-2811, 2001a.

ARTHUR, P.F.; RENAND, G.; KRAUSS, D. Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls. **Livestock Production Science**, v.68, p.131-139, 2001b.

BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; AALHUS, J.L. et al. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 83, p.189–204, 2003.

BISHOP, S.C. Phenotypic and genetic variation in body weight, food intake and energy utilization in Hereford cattle II. Effects of age and length of performance test. **Livestock Production Science**, v.30, p. 19-31, 1992.

CORVINO, T.L.S.; BRANCO, R.H.; BONILHA, S.F.M. et al. Consumo alimentar residual e reatividade de bovinos Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 2009.

FERNANDES, S.R. **Perfis bioquímicos, hematológicos e características de carcaça de cordeiros em diferentes sistemas de terminação**. 2010, 98f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

FERREL, C.L.; JENKINS, T.G. Energy utilization by mature, nonpregnant, nonlactating cows of different types. **Journal of Animal Science**, v.58, p.234-243, 1984.

GOLDEN, J. W.; KERLEY, M. S.; KOLATH, W. H. The relationship of feeding behavior to residual feed intake in crossbred Angus steers fed traditional and no-roughage diets. **Journal of Animal Science**, v. 86, p.180-186, 2008.

GOMES, M.A.; BALLOU, R.F.; SIQUEIRA, T.R. et al. Blood cell profiles and plasma concentrations of glucose and cortisol of Nellore steers and bulls selected for low and high residual feed intake before and following a mild stressor. **Journal of Animal Science**, v. 86, (E-Suppl. 2/J), p. 473, 2008.

GRECO, D.; STABENFELDT, G.H. Glândulas endócrinas e suas funções. In: CUNNINGHAM, J.G., **Tratado de Fisiologia Veterinária**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004, Cap. 33, p.350-381.

HEINRICHS, P. J.; KONONOFF, P. J. Evaluating particle size of forages and TMRs using the New *Penn State* Forage Particle Separator. **Cooperative extension**. University Park: Pennsylvania State University/Department of Dairy and Animal Science, 2002. 14p. Disponível em: <<http://www.vetmed.wsu.edu/courses-jmgay/documents/DAS02421.pdf>>. Acesso em: 20/10/2011.

HERD, R.M.; ODDY, V.H.; RICHARDSON, E.C. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 1. Review of potential mechanisms. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 44:423–430, 2004.

KOCH, R.M.; SWIGER, L.A.; CHAMBERS, D. et al. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.22, p.486-494, 1963.

KNOTT, S.A.; CUMMINS, L.J.; DUNSHEA, F.R. et al. Rams with poor feed efficiency are highly responsive to an exogenous adrenocorticotropin hormone (ACTH) challenge. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 34, p. 261–268, 2008.

KONONOFF, P. J.; HEINRICHS, A. J.; LEHMAN, H.A. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 10, p. 3343-3353, 2003.

KOOTS, K.R.; GIBSON, J.P.; SMITH, C. et al. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 1. Heritability. **Animal Breeding Abstracts**. v. 62, n. 5, p.309, 1994.

LUITING, P.; URFF, E.M.; VERSTEGEN, M.W.A. Between animal variation in biological efficiency as related to residual feed consumption. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v. 42, n.1, p. 59–67, 1994.

MORAES, E. H. B. K.; PAULINO, M. F.; MORAES, K.A.K. et al. Exigências de energia de bovinos de corte em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.933-940, 2009.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; MÜHLBACH, P. R. M. et al. Comportamento ingestivo e de atividades de novilhos confinados com silagens de milho de diferentes tamanhos de partícula e alturas de colheita. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, n. 2, p. 462-473, 2009.

NKRUMAH, J.D.; CREWS, D.H.; BASARAB, J.A. et al. Genetic and phenotypic relationships of feeding behavior and temperament with performance, feed efficiency, ultrasound, and carcass merit of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 2382-2390, 2007.

NKRUMAH, J.D.; OKINE, E.K; MATHISON, G.W., et al. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.84, p. 145-153, 2006.

OKINE, E.K.; BASARAB, J.A.; GOONEWARDENE, L.A. et al. Residual Feed Intake and Feed Efficiency: Differences and Implications. **Proceedings...** Florida Ruminant Nutrition Symposium Annual Meeting, p. 27-38, 2004.

OLIVEIRA, M.R.; NEUMANN, M.; FARIA, M.V. et al. Comportamento de novilhos confinados com silagens de milho oriundas de diferentes estádios de maturação e níveis de concentrado na dieta. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.1, p. 56-65, 2011.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J. et al. Acidosis in cattle: A review. **Journal of Animal Science**, v. 76, p.275–286, 1998.

PORTELA, F.J.; CASTON, L.J.; LEESON, S. Apparent feed particle size preference by broilers. **Canadian Journal of Animal Science**, v.68, p. 923-930, 1988.

PORTELA, F.J.; CASTON, L.J.; LEESON, S. Apparent feed particle size preference by laying hens. **Canadian Journal of Animal Science**, v.68, p.915-922, 1987

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ARCHER J.A. et al. Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 44, 441-452, 2004.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; COLDITZ I.G. et al. Blood cell profiles of steer progeny from parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 42, 901-908, 2002.

TRETTEL, M.; GOMES, R.C.; FORATTO, D. et al. Padrão de comportamento de novilhos Nelore com alto e baixo consumo alimentar residual. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., Lavras, 2008. **Anais...** Maringá: SBZ, 2008.

CAPÍTULO II – CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E SUAS RELAÇÕES COM O PERFIL HEMATOLÓGICO E ESTRESSE DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ

RESUMO

A eficiência alimentar é provavelmente uma característica de grande impacto econômico na produção de carne. O consumo alimentar residual (CAR) tem sido pesquisado na última década e se mostrou uma alternativa interessante para avaliar a eficiência alimentar. A variação do CAR pode ocorrer devido alguns fatores, inclusive metabólicos e de estresse. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência dos animais através do CAR e relacioná-la com parâmetros sanguíneos e de estresse. Foram utilizados 60 animais da raça Purunã, com média de $10 \pm 0,9$ meses de idade e $214 \pm 30,5$ kg de peso vivo. Os animais foram mantidos em confinamento de baias individuais e foram alimentados 2 vezes por dia, ajustando o consumo para 10% de sobras. O período experimental teve duração de 112 dias, com cinco pesagens e coletas de sangue feitas a cada 28 dias. Todas as pesagens foram precedidas por jejum de sólidos de 16 horas. Os animais mais eficientes apresentaram CAR de -0,49, os intermediários -0,02 e os menos eficientes CAR de 0,36 (desvio-padrão de 0,37). A conversão alimentar (CA) da classe de alto CAR (6,97kg MS/kg PV; $P < 0,01$) foi maior e diferiu das classes de médio e baixo CAR (6,43 e 6,09 kg MS/kg PV; respectivamente). O consumo de matéria seca observado (CMSobs) foi maior nas classes de alto e médio CAR (7,99 e 7,81 kg/dia, respectivamente) e diferiu da classe de baixo CAR (7,08 kg/dia). O mesmo ocorreu para o CMS em função do peso vivo (CMSPV). O CAR apresentou correlação significativa com a CA ($r = 0,45$; $P < 0,01$), com a eficiência alimentar ($r = -0,48$), CMSPV ($r = 0,72$) e CMSobs ($r = 0,41$). Quanto aos parâmetros avaliados no eritrograma e no leucograma, foram encontradas diferenças ($P < 0,05$) somente para volume globular médio (VGM) e fibrinogênio (FIB). Os animais de baixo CAR apresentaram menor VGM e maior FIB em relação aos animais da classe de CAR médio e alto. Houve correlação significativa ($P < 0,01$) somente do CAR com o FIB ($r = -0,39$). Os indicativos de estresse não apresentaram diferenças e correlação ($P > 0,05$) com o CAR. A mesma procedência e o manejo constante com os animais podem ter sido causa da ausência de resultados nos indicativos de estresse. Devido à variação dos parâmetros sanguíneos e o grande número processos envolvidos no metabolismo, pode não haver uma relação direta da eficiência alimentar com estes parâmetros.

Palavras-chave: conversão alimentar, cortisol, eficiência alimentar, parâmetros sanguíneos, velocidade de saída

CHAPTER II- RELATIONSHIP OF RESIDUAL FEED INTAKE WITH HEMATOLOGICAL PROFILE AND STRESS IN PURUNÃ CATTLE

ABSTRACT

Feed efficiency is probably one characteristic of great economic impact in meat production. The residual feed intake (RFI) has been studied in the last decade and has proved to be an interesting alternative to evaluate feed efficiency. RFI variation can occur because of some factors, including metabolic and stress traits. Thus, the objective of this study was to evaluate the animals' efficiency using RFI and relate it to blood parameters and stress. The experimental animals were sixty Purunã steers, averaging 10 ± 0.9 months old and 214 ± 30.5 kg of body weight. The animals were maintained in feedlot in individual pens and were fed twice a day, adjusting consumption to 10% in orts. The experimental period was 112 days and the steers were weighed and taken blood samples every 28 days. Before the day of weighing, animals were deprived of food for 16 hours. The group of most efficient steers showed RFI of -0.49, the intermediates showed -0.02 and less efficient RFI group had +0.36 (the standard deviation was 0.37). The feed conversion ratio (FCR) of high RFI class (6.97 kg DM/kg BW, $P < 0.01$) was higher and differed from medium and low RFI classes (6.43 and 6.09 kg DM/kg BW, respectively). The observed dry matter intake (DMI) was higher in high and medium RFI classes (7.99 and 7.81 kg / day, respectively) and differed from low RFI class (7.08 kg / day). The same happened to the DMI as a function of body weight (DMIBW). The RFI had significant correlation with FCR ($r = 0.45$, $P < 0.01$), with feed efficiency ($r = -0.48$), DMIBW ($r = 0.72$) and observed DMI ($r = 0.41$). About the parameters evaluated in erythrogram and leukogram, there were significant differences ($P < 0.05$) only for mean corpuscular volume (MCV) and fibrinogen (FIB). Steers that had low RFI showed lower VGM and higher FIB compared to animals in medium and high RFI classes. There was significant correlation ($P < 0.01$) only between RFI and FIB ($r = -0.39$). The stress indicators showed no differences and correlation ($P > 0.05$) with RFI. The same origin and constant handling of the animals may have been the cause of absence of results in stress indicators. Due to the blood parameters variation and the many processes involved in metabolism, there may not be a direct relationship between feed efficiency and these parameters.

Keywords: blood parameters, cortisol, feed conversion ratio, feed efficiency, flight speed

1 INTRODUÇÃO

Um dos pontos críticos do sistema de produção de bovinos de corte é a alimentação. Além da atenção e planejamento da alimentação dos animais, deve-se valorizar também o lado da eficiência dos animais em transformar o alimento ingerido no produto desejado, carne, leite, entre outros. Em espécies animais como aves e suínos, a alimentação representa proporção superior no custo de produção, por isso estão mais desenvolvidas em relação à seleção de características de desempenho favoráveis se comparadas com a bovinocultura de corte.

A base da alimentação de bovinos de corte no Brasil é baseada em pastagem, por isso, torna-se muito mais complexa a avaliação e identificação de animais eficientes. É natural, portanto que atualmente neste país ainda existam poucas informações referentes à eficiência alimentar. Contudo, isto não diminui a magnitude da sua importância e o fato de que devem ser desenvolvidas alternativas para facilitar a avaliação da eficiência alimentar.

Uma ferramenta alternativa de avaliar a eficiência alimentar é o consumo alimentar residual (CAR). Ela foi desenvolvido em 1963, porém ficou esquecida e somente na década de 90 este índice de desempenho voltou a ser pesquisado. Outras medidas de desempenho, como a conversão alimentar (CA) e a eficiência alimentar (EA), também são importantes para serem analisadas em conjunto, sem que ocorra uma seleção de forma equivocada dos animais mais eficientes.

Segundo Richardson e Herd (2004), entre diversos fatores que causam variação no CAR, o estresse, juntamente com o turnover de proteína e o metabolismo tecidual, são responsáveis por 37% desta variação. O maior estresse pode estar relacionado com a menor eficiência de animais. A mensuração do cortisol sérico é a maneira mais utilizada de avaliar o estresse.

Avaliações de reatividade objetivas, como a velocidade que o animal percorre determinada distância após manejo, e subjetivas, como notas para a reatividade, são outras variáveis utilizadas para quantificar a susceptibilidade ao estresse dos animais (Kelly et al., 2010; Nkrumah et al., 2007).

Além das avaliações de cortisol e de reatividade, existem tentativas de correlacionar parâmetros hematológicos (Richardson et al., 1996; Theis et al., 2002 Richardson et al. 2004; Gomes et al., 2008 e 2011) na expectativa de encontrar uma forma mais viável de identificar animais mais eficientes. Ou ainda, estas variáveis podem auxiliar na maior compreensão das variações fisiológicas que ocorrem no consumo alimentar residual. Ainda não foram encontrados resultados constantes e conclusivos da relação entre parâmetros hematológicos, estresse e a eficiência alimentar.

O objetivo deste estudo foi identificar os animais mais eficientes entre os jovens touros da raça Purunã e correlacionar parâmetros sanguíneos, de estresse e reatividade com parâmetros de eficiência na tentativa de descobrir explicações para maior eficiência de determinados animais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias (CEUA-SCA) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), conforme certificado no número de protocolo 042/2010.

2.1 LOCAL E PERÍODO DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado no município de Ponta Grossa (latitude 25° 09' S e longitude 50° 16' O), no estado do Paraná. Este município está localizado no Segundo Planalto do Paranaense, na região dos Campos Gerais. A altitude de Ponta Grossa é 975 m e seu clima é subtropical úmido mesotérmico, subtipo Cfb, segundo classificação climática de Köppen. A temperatura média anual é de 17 a 18°C , sendo que a média mínima varia entre 13° e 14° C nos meses do inverno, em que pode ocorrer geada e a média máxima entre 24° e 25° C, nos meses de verão. Não há estação seca definida e a pluviosidade anual varia entre 1200 e 1600mm. Os meses que apresentam maior pluviosidade são os meses de verão: dezembro, janeiro e fevereiro (GEOPORTAL).

A estrutura utilizada para o confinamento dos animais foi a unidade experimental do IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná), Fazenda Modelo, localizada no município de Ponta Grossa. A Fazenda Modelo possui confinamento com baias e bebedouros individuais. O confinamento é coberto, com cochos de madeira e bebedouros de concreto. O tamanho das baias é de aproximadamente 2 m x 4 m, com piso de alvenaria (FIGURA 1).

Os animais foram designados aleatoriamente para as baias do confinamento e, após designados, foram mantidos nas mesmas baias até o final do experimento.



FIGURA 1 - CONFINAMENTO COBERTO COM BAIAS E COCHOS INDIVIDUAIS E PISO DE CIMENTO NA FAZENDA MODELO DO IAPAR EM PONTA GROSSA – PR
FONTE: O autor (2012)

O confinamento experimental teve início no dia 12 de abril de 2011 e foi finalizado no dia 16 de agosto de 2011. O período de adaptação compreendeu 14 dias e o período experimental foi de 112 dias, totalizando 126 dias de confinamento.

2.2 ANIMAIS EXPERIMENTAIS

Foram utilizados 60 tourinhos da raça Purunã, que entraram no confinamento com peso médio de $214 \pm 30,5$ kg e idade média de $10 \pm 0,9$ meses. Todos animais experimentais eram provenientes da Fazenda Modelo e eram filhos de 26 touros Purunã utilizados nos acasalamentos. O desenvolvimento da raça Purunã se iniciou na década de 1980 no IAPAR, com o acasalamento de quatro raças: Charolês, Caracu, Aberdeen Angus e Canchim. O Purunã apresenta $\frac{1}{4}$ de grau de sangue de cada raça utilizada no cruzamento.

Antes de serem confinados, todos os novilhos estavam em pastagem de *Hemarthria altissima*, cultivar Flórida, recebendo suplementação de concentrado. Os

animais entraram devidamente vacinados e foram vermifugados na primeira e na quarta coleta do experimento (dia 0 e 84). Foi utilizada ivermectina 3,15% (formulação tixotrópica) para controle de endo e ectoparasitas.

2.3 MANEJO EXPERIMENTAL

Antes de iniciar o experimento os animais estavam todos em pasto predominantemente composto de *Hemarthria* spp. Ao entrar no confinamento, permaneceram 14 dias em adaptação à dieta e às instalações. O período de adaptação também teve o objetivo de minimizar diferenças em ganho de peso compensatório durante o período experimental.

A dieta era pesada individualmente nos dois tratos diários. O alimento era fornecido diariamente às 8h e às 16h. No trato da manhã era fornecido 40% da quantidade diária total e no trato da tarde 60%. A quantidade no período da tarde era superior devido ao maior tempo em que os animais permaneciam com esta fração no cocho.

As sobras eram retiradas e pesadas diariamente antes do trato da manhã. As pesagens das sobras eram usadas para o ajuste da dieta do dia seguinte. O ajuste era feito de maneira que as sobras se mantivessem entre 10 a 15% da matéria seca da dieta do animal.

As pesagens foram realizadas a cada 28 dias (0, 28, 56, 84 e 112 dias). Todas as cinco pesagens eram precedidas de jejum alimentar de aproximadamente 16 horas. Foi obtido o ganho médio diário (GMD) dos animais a partir do peso vivo (PV) em cada coleta. O peso médio metabólico (PMMet) de cada animal foi calculado pela fórmula:

$$\text{PMMet} = (\text{peso vivo médio})^{0,75}$$

2.4 DIETA EXPERIMENTAL

A dieta usada no experimento era composta por 60% de volumoso e 40% de concentrado na matéria seca (TABELA 1). Como volumoso foi utilizada a silagem de milho e o concentrado era moído e misturado no local do experimento. A composição do concentrado seguiu a recomendação da administração da Fazenda Modelo.

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO DA RAÇÃO TOTAL MISTURADA COM BASE NA MATÉRIA SECA

INGREDIENTES	% DA MATÉRIA SECA
Silagem de milho	58,0
Farelo de soja ¹	6,3
Soja grão ²	7,6
Milho ³	27,3
Minerais ⁴	0,8

¹ Soja moída com peneira de 0,5cm² Soja grão inteiro e não tostado³ Milho moagem fina de 2 a 3mm⁴ Minerais: sem uréia e sem ionóforos

FONTE: O autor (2012)

Diariamente retirava-se sub-amostras da silagem, que eram armazenadas em um freezer para manter a umidade e as características. No final de cada semana, era obtida uma amostra composta da silagem. Esta amostra era utilizada para fazer a matéria seca semanalmente, corrigindo o consumo pela matéria seca. Também foi utilizada para realização das análises bromatológicas.

Foram realizadas três análises bromatológicas do concentrado e da silagem ao longo do experimento: no início, no meio e no final, coincidindo com os dias experimentais 0, 60 e 112, respectivamente. A média das três análises bromatológicas da silagem estão apresentadas na TABELA 2.

TABELA 2 - COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DA SILAGEM DE MILHO UTILIZADA NO EXPERIMENTO

PARÂMETROS	(%)	DP
Matéria seca	28,6	1,5
Nutrientes digestíveis totais*	67,9	3,0
Proteína Bruta	7,3	0,5
Extrato Etéreo	2,1	0,1
Fibra em Detergente Ácido	33,5	7,0
Fibra em Detergente Neutro	56,2	0,9
Lignina	2,8	1,4

*O valor do NDT foi gerado no programa RLM versão 3.2 (2009)

FONTE: O autor (2012)

O milho cultivado para feitiço da silagem foi a variedade IPR 1026 não híbrido. O plantio foi feito em setembro de 2010 e a colheita em janeiro de 2011, quando o milho

estava iniciando no estágio farináceo, com tamanho médio de partícula de 2,5 cm. Os silos permaneceram fechados, em processo de fermentação por aproximadamente 40 dias.

Todas as análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da UFPR. Foi utilizado o programa RLM versão 3.2 (2009) e as médias dos resultados das análises bromatológicas para obter a composição da ração total utilizada no experimento (TABELA 3).

TABELA 3 - COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DA RAÇÃO TOTAL MISTURADA UTILIZADA NO ESTUDO OBTIDA PELO RLM VERSÃO 3.2 (2009)

PARÂMETROS	(%)
Matéria seca	39,9
Nutrientes digestíveis totais*	68,0
Proteína Bruta	13,0
Extrato Etéreo	3,8
Fibra em Detergente Ácido	20,1
Fibra em Detergente Neutro	38,6
Cálcio	0,64
Fósforo	0,33

*O valor do NDT foi gerado no programa RLM versão 3.2 (2009)

FONTE: O autor (2012)

2.5 CONSUMO E DESEMPENHO

O cálculo do CAR foi feito conforme proposto originalmente por Koch et al. (1963). O consumo de matéria seca observado (CMSobs) foi obtido através da pesagem diária do alimento fornecido e das sobras. O consumo de matéria seca estimado (CMSest) foi obtido por equações de regressão considerando o CMSobs como variável dependente e o PMMet e o GMD dos animais deste estudo como variáveis independentes. A equação obtida foi a seguinte:

$$\text{CMSest} = -0,97581 + (0,09165 \times \text{PMMet}) + (2,02265 \times \text{GMD}) \quad R^2 = 0,83$$

O consumo alimentar residual (CAR) foi calculado pela diferença entre o consumo observado e o consumo esperado. As classes de CAR foram determinadas com base no desvio padrão. Animais pertencentes à classe de baixo CAR (mais

eficientes) possuíam valores de CAR menores do que -0,5 vezes desvio padrão. A classe de médio CAR apresentava valores entre -0,5 a 0,5 do desvio padrão, e a classe de animais com alto CAR (menos eficientes) apresentavam valores maiores do que 0,5 vezes o desvio padrão.

A conversão alimentar (CA) foi calculada pela razão entre o CMS (kg de matéria seca por dia) e o GMD (kg de peso vivo por dia) de cada animal. A eficiência alimentar (EA) foi calculada pela razão inversa da CA. O consumo de matéria seca em relação ao peso vivo (CMSPV) foi calculado pela razão entre o consumo observado e a média de peso vivo no período.

2.6 PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS

As cinco coletas de sangue foram realizadas juntamente com as cinco pesagens dos animais, sempre iniciando às 8h da manhã. Foram coletadas duas amostras de sangue de cada animal, com tubos a vácuo, sendo uma amostra sem e outra com anticoagulante EDTA (etilenodiaminotetracético), que era homogeneizada no momento da coleta.

O eritrograma foi realizado no mesmo dia da coleta, no Laboratório de Patologia Clínica Veterinária da UFPR. Nas amostras foram realizados as seguintes análises: número de hemácias (HEM); hemoglobina (HGB) pelo método da cianometemoglobina; hematócrito (HT); volume globular médio (VGM); concentração de hemoglobina globular média (CHGM), leucócitos totais (LEUC), plaquetas (PLAQ), proteínas plasmáticas totais (PPT) e fibrinogênio (FIB). O PPT e FIB foram analisados por refratometria (Coles, 1984) e os restantes dos parâmetros hematológicos foram obtidos pelo Analisador Automático de Hematologia BC-2800Vet da marca Mindray®.

O esfregaço sanguíneo era feito imediatamente após a coleta de cada animal (FIGURA 2). Quando todas as lâminas estavam bem secas, era feita a coloração hematológica estabelecida por Romanowsky, pela técnica do Panótico rápido. Nestas lâminas coradas foram feitas as leituras no microscópio para a contagem diferencial dos leucócitos: neutrófilos (NEU), linfócitos (LINF), bastonetes (BAST), eosinófilos (EOS), monócitos (MON) e basófilos (BAS). Também foi calculada a relação entre neutrófilo e linfócito (REL N/L), dividindo o número de neutrófilos por linfócitos.

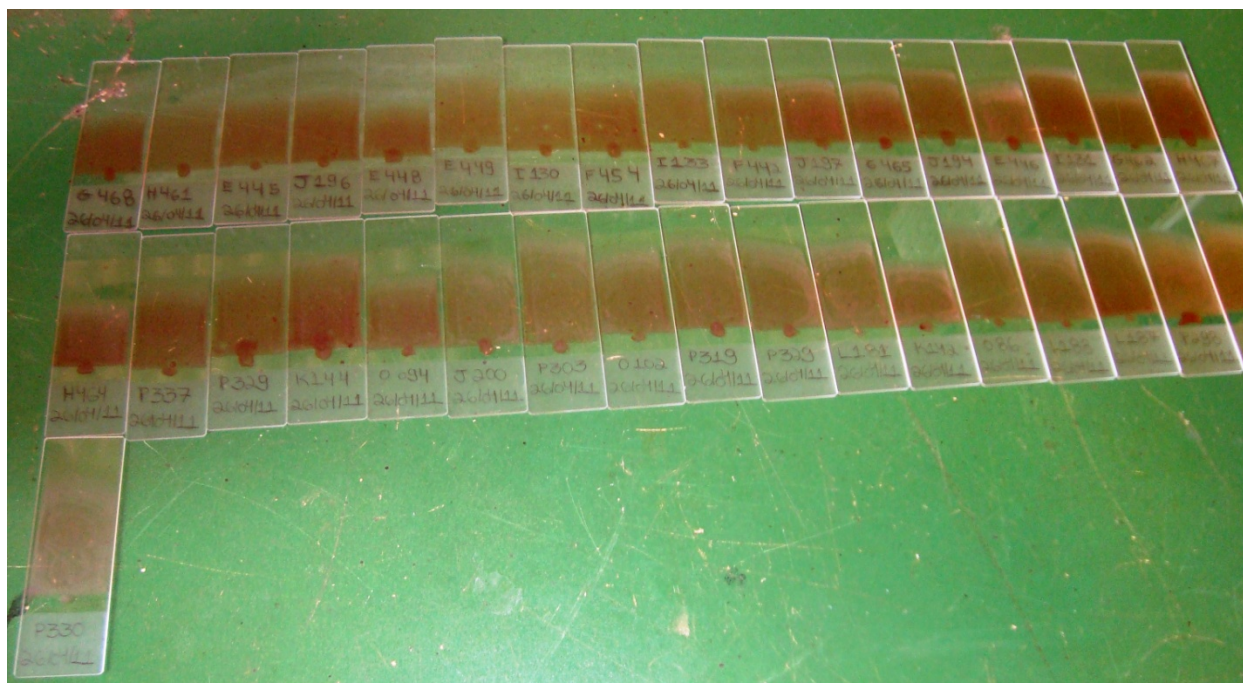


FIGURA 2 - ESFREGAÇO SANGÜÍNEO DOS ANIMAIS PURUNÃ PARA CONTAGEM DIFERENCIAL DE LEUCÓCITOS

FONTE: O autor (2012)

A segunda amostra de sangue sem anticoagulante era centrifugada logo após a coleta, em seguida o soro era separado e congelado. Nas amostras de soro foram feitas as análises de cortisol (CORT) pelo kit ELISA por competição da marca Human®. Antes da determinação dos níveis de cortisol, foi realizada a validação do kit para soro bovino, conforme a curva de calibração do teste utilizado.

2.7 REATIVIDADE

A reatividade dos animais experimentais foi avaliada por dois métodos, um subjetivo e outro objetivo. A reatividade foi avaliada durante todas as cinco coletas realizadas no experimento, juntamente com as pesagens e coletas de sangue.

O método subjetivo foi feito por duas pessoas, previamente treinadas, que avaliavam os animais durante as coletas, enquanto eles estavam no tronco de contenção. Os animais eram avaliados com notas de reatividade de 1 a 5. O animal que emitia mais sons e se movimentava mais intensamente recebia nota máxima igual a 5. Já o animal mais calmo e que não emitia sons, recebia nota mínima, igual a 1.

O método objetivo foi realizado quando o animal saía do tronco de contenção. Era cronometrado o tempo gasto por cada animal para percorrer uma distância pré-estabelecida de 3 metros. Estimava-se assim, a velocidade em metros por segundo (VELS) que cada animal desempenhava. Este método foi desenvolvido por Burrow et al. (1988).

2.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os animais foram divididos nas classes CAR baixo ($CAR < -0,5 \cdot \text{Desvio-Padrão}_{CAR}$), médio ($-0,5 \cdot \text{DP}_{CAR} < CAR < +0,5 \cdot \text{DP}_{CAR}$) e alto ($CAR > +0,5 \cdot \text{DP}_{CAR}$). Foi realizado o teste de Tukey-Kramer, considerando significância de 95% para comparação entre as médias dos parâmetros sanguíneos, do cortisol e das variáveis de reatividade para as classes de CAR (alto, médio e baixo). Esta comparação de médias foi realizada pelo procedimento GLM do programa estatístico *Statistical Analysis System*, versão 7.0 (SAS, 1998). Foi utilizada correlação de Pearson entre os parâmetros hematológicos e de estresse com o CAR e a CA, também a um nível de significância de 95%, pelo procedimento CORR do SAS.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CONSUMO E DESEMPENHO

A equação de predição do consumo estimado apresentou R^2 de 83%. A variável que mais contribuiu no incremento do R^2 foi o PMMet, que determinou 71% do R^2 . A segunda e última variável a ser testada na equação foi o GMD que contribuiu com os 12% restantes. Como o valor do coeficiente de determinação encontrado foi considerado elevado, nenhuma outra variável foi incluída no modelo.

Os animais foram distribuídos em três classes de CAR: alto, médio e baixo, sendo que o número de animais na classe de baixo CAR foi 15 (25%), na intermediária 23 (38%) e na classe de alto CAR foi de 22 (37%).

A média e desvio-padrão (DP) do valor de CAR encontrada no presente estudo foi de $0,00 \pm 0,37$ kg/dia. O DP foi próximo ao encontrado por Almeida (2005) em animais zebuínos, que foi de 0,41 kg/dia e inferior ao encontrado por Basarab et al. (2003), trabalhando com novilhos cruzados europeus, que foi de 0,62 kg/dia. O DP também foi inferior em relação a quatro experimentos de Lancaster et al. (2009) em que foram encontrados DP de 0,60 a 1,06 kg/dia, sendo que estes autores trabalharam com novilhos cruzados e puros da raça Angus, respectivamente.

A razão pelo menor valor do DP e de menor amplitude dos valores mínimo e máximo no presente estudo comparado aos dados da literatura pode ter ocorrido pela raça e procedência dos animais serem as mesmas. É importante considerar que a raça Purunã foi desenvolvida no local do experimento e existe somente em torno de 20 anos.

A amplitude do CAR variou de +0,714 a -1,271 o que representa uma diferença de ingestão de 1,985 kg de alimento por dia entre o animal mais e o menos eficiente.

Na FIGURA 3 pode ser observada a relação entre o consumo estimado e observado dos animais experimentais. Os animais acima da reta são animais de CAR positivo (menos eficientes), ou seja, ingeriram mais do que foi previsto conforme equação de predição do consumo. Já os animais abaixo da reta, de CAR negativo, são mais eficientes, pois ingeriram menos alimento do que foi predito para estes.

Em destaque no gráfico, encontra-se o animal mais eficiente (●) e o menos eficiente (▲). Enquanto o primeiro consumia 1,271 kg MS/dia a menos do que o estimado para o seu peso metabólico ($68,3 \text{ kg PV}^{0,75}$), o segundo consumia 0,714 kg MS/dia a mais do que o consumo esperado para o seu peso metabólico ($62,6 \text{ kg PV}^{0,75}$). Estes valores foram inferiores aos encontrados por Basarab et al. (2003) e Kelly et al. (2010), de 3,77 e 3,12 kg/dia, respectivamente, entre o animal mais e menos eficiente. Pesquisas com zebuínos obtiveram valores mínimo e máximo de -1,20 e 1,52 (Santana, 2009) e também valores com menor amplitude como -0,73 a 0,95 (Almeida, 2005), que foram os únicos valores inferiores ao encontrado neste estudo.

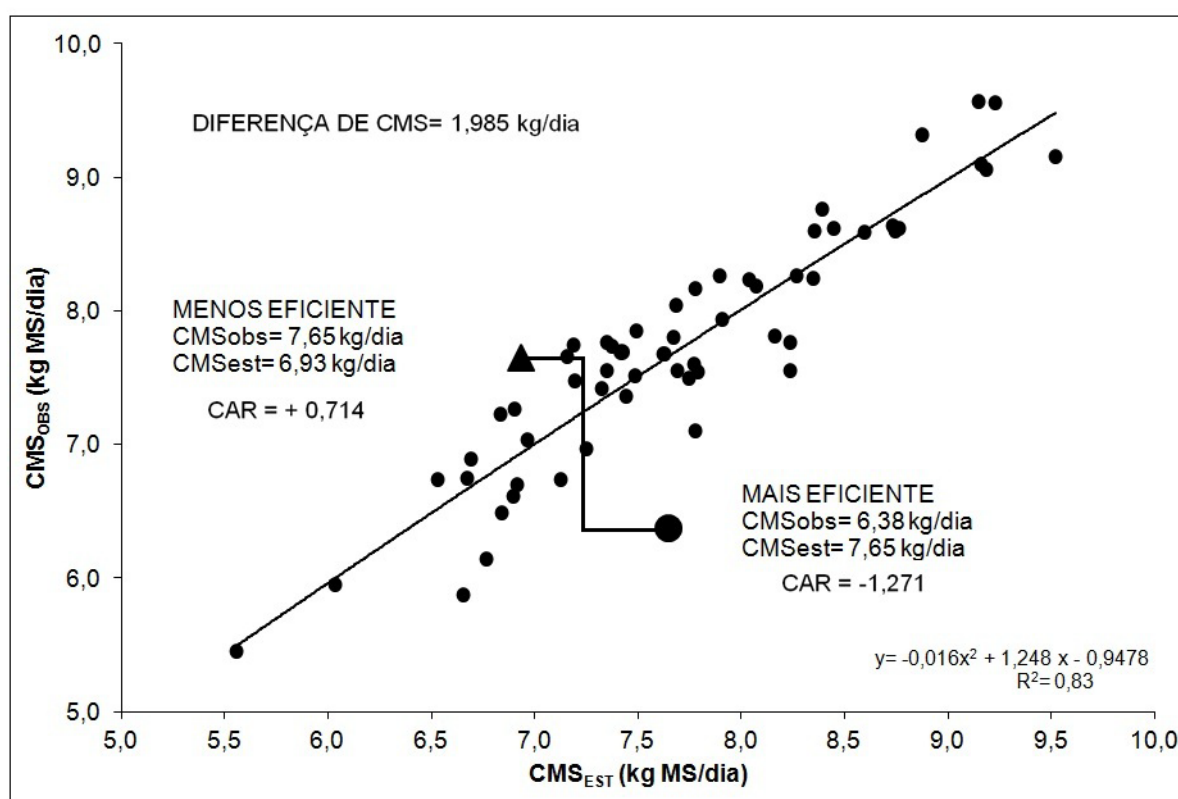


FIGURA 3 - RELAÇÃO DO CONSUMO OBSERVADO E O CONSUMO ESTIMADO DE NOVILHOS PURUNÃ EM CONFINAMENTO
FONTE: O autor (2012)

Na TABELA 4 estão apresentados os dados de desempenho e eficiência dos bovinos Purunã avaliados no presente estudo. Os grupos de eficiência não diferiram entre si ($P > 0,05$) para as variáveis de peso: peso vivo inicial (PVI), peso vivo final (PVF)

e PMMet. O GMD e o CMSest também não diferiram nas diferentes classes ($P>0,05$), o que é esperado na avaliação do CAR.

TABELA 4 - CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO E EFICIÊNCIA DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ DE CLASSES DE ALTO, MÉDIO E BAIXO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)

VARIÁVEIS	CLASSES CAR			EPM	P
	ALTO (22)	MÉDIO (23)	BAIXO (15)		
PVI (kg)	214,82	213,87	210,73	7,20	0,93
PVF (kg)	344,55	351,78	341,20	9,35	0,71
PMMet (kg ^{0,75})	68,32	68,87	67,55	1,47	0,83
GMD (kg/dia)	1,16	1,23	1,16	0,04	0,32
CA (kg MS/kg PV)	6,97 ^a	6,43 ^b	6,09 ^b	0,15	< 0,01
EA (g PV/kg MS)	144,79 ^b	157,19 ^a	165,34 ^a	3,36	< 0,01
CMSPV (% PV)	2,86 ^a	2,76 ^a	2,58 ^b	0,35	< 0,01
CMSobs (kg/dia)	7,99 ^a	7,81 ^a	7,08 ^b	0,19	< 0,01
CMSest (kg/dia)	7,63	7,83	7,57	0,19	0,59
CAR	0,36 ^a	-0,02 ^b	-0,49 ^c	0,05	< 0,01

Médias com letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de $P < 0,05$

EPM= Erro Padrão Médio; PVI= peso vivo inicial; PVF= peso vivo final; PMMet= peso médio metabólico; GMD= ganho médio diário; CA= conversão alimentar; EA= eficiência alimentar; CMSobs= consumo de matéria seca observada; CMSest= consumo de matéria seca estimada; CMSPV= consumo de matéria seca em relação ao peso vivo

FONTE: O autor (2012)

A CA foi maior na classe de alto CAR e diferiu ($P<0,01$) dos outros dois grupos de eficiência. Nas classes de médio e baixo CAR não houve diferença estatística entre elas ($P>0,05$) para a CA. O mesmo comportamento ocorreu para EA, porém os valores mais elevados ($P<0,05$) foram alcançados pelos animais mais eficientes, nas classes de médio e baixo CAR (157,19 e 165,34 g PV/kg MS, respectivamente).

O CMSPV foi superior nas classes de alto e médio CAR, sendo que estes dois grupos não diferiram entre si ($P>0,05$). O grupo dos animais de baixo CAR (mais eficientes) diferiu ($P<0,01$) dos demais, portanto, estes indivíduos ingeriram menos matéria seca para cada kg de peso vivo. O mesmo comportamento ocorreu para os valores de consumo observado.

A média do CAR foi maior no grupo de alto CAR, ou seja, os animais menos eficientes ingeriram em média 0,36 kg de MS/dia a mais do que o consumo estimado para eles. Os animais da classe intermediária ingeriram 0,02 kg de MS/dia a menos do que o esperado. Por fim, os animais mais eficientes consumiram 0,49 kg de MS/dia a menos do que o predito para este grupo. Os três grupos diferiram significativamente entre si ($P<0,01$).

As médias, os desvios-padrão e as correlações das variáveis de desempenho e eficiência com o CAR e a CA são apresentados na TABELA 5. As variáveis PMMet, GMD e CMSest tiveram correlação zero e não significativas ($P > 0,05$) com o CAR, uma vez que estas já foram empregadas para estimar a equação do cálculo do CAR. Resultados semelhantes ocorreram com PVI e PVF, que tiveram correlações muito próximas de zero, uma vez que os últimos são utilizados para cálculo do PMMet.

TABELA 5 - MÉDIAS, DESVIOS-PADRÃO E CORRELAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO E EFICIÊNCIA COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (r_{CAR}) E COM A CONVERSÃO ALIMENTAR (r_{CA}) EM DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ

VARIÁVEIS	MÉDIA	DP	r_{CAR}	r_{CA}
PVI (kg)	213,43	31,25	-0,01	0,43**
PVF (kg)	346,48	40,80	0,00	0,01
PMMet (kg ^{0,75})	68,34	6,38	0,00	0,20
GMD (kg/dia)	1,19	0,18	0,00	-0,64**
CA (kg MS/kg PV)	6,54	0,75	0,45**	-
EA (g PV/kg MS)	154,68	16,73	-0,48**	-0,99**
CMSPV (% PV)	2,76	1,88	0,72**	-0,26*
CMSobs (kg/dia)	7,69	0,91	0,41**	0,05
CMSest (kg/dia)	7,69	0,83	0,00	-0,14
CAR	0,00	0,37	-	0,45**

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ para Correlação de Pearson

PVI= peso vivo inicial; PVF= peso vivo final; PMMet= peso médio metabólico; GMD= ganho médio diário; CA= conversão alimentar; EA= eficiência alimentar; CMSobs= consumo de matéria seca observada; CMSest= consumo de matéria seca estimada; CMSPV= consumo de matéria seca em relação ao peso vivo; CAR= consumo alimentar residual

FONTE: O autor (2012)

A CA teve correlação significativa ($P < 0,01$) e de valor moderado com o CAR, consequentemente o valor da correlação da EA com o CAR também foi significativa ($P < 0,01$) e moderada. A correlação entre EA e CA foi bem elevada, próxima de um, pois ambas são razão entre GMD e CMSobs, apenas invertem-se estes dados, o que justifica o valor negativo desta correlação (-0,989).

As correlações do CAR com o CMSobs e com o CMSPV foram significativas ($P < 0,01$) e de valor moderado e alto, respectivamente. Estes resultados confirmam estudos anteriores de que o CAR seleciona animais de menor consumo, por ser baseado na ingestão de matéria seca e não altera o peso adulto e o ganho de peso do indivíduo (Koch et al., 1963; Basarab et al., 2003).

A seleção da CA não tem correlação com o consumo de matéria seca e o peso vivo dos animais. As correlações da CA com o CMSobs e CMSest deste estudo

confirmam este fato ($r_{CA} = 0,05$; $r_{CA} = -0,14$, respectivamente; $P > 0,05$). A CA mostrou correlação significativa ($P < 0,01$) e moderada com o PVI e com o GMD, demonstrando a relação desta variável para os animais avaliados com maior peso.

A correlação entre CAR e CA foi moderada e significativa ($r = 0,45$; $P < 0,01$). Este valor é semelhante ao encontrado por Arthur et al. (2001) de 0,53. Estes mesmos autores mostraram correlação genética moderada a alta ($r = 0,66 \pm 0,05$) entre CAR e CA, o que significa que uma seleção para CAR levaria a melhora também no valor da CA.

3.2 PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS

Os valores do eritrograma apresentados na TABELA 6, estão dentro dos parâmetros de referência para a espécie bovina (Kramer, 2000) com exceção dos LEUC. Não houve diferença estatística ($P > 0,05$) na concentração de HEM, HGB, HT, CHGM, LEUC, PLAQ e da PPT entre os animais das classes de alto, médio e baixo CAR. Estes resultados são semelhantes aos de Gomes et al. (2008 e 2011), que também não encontraram diferenças no perfil celular sanguíneo de zebuínos com alto e baixo CAR, mesmo após induzir o estresse por jejum de 24 horas.

Richardson et al. (1996) trabalharam com 575 animais e encontraram diferenças para PPT entre as diferentes classes de CAR. A concentração de PPT foi maior em animais menos eficientes (7,00 vs 6,52 g/dL). As razões HGB:HEM e HT:HEM diferiram entre as duas classes de CAR e foram superiores em animais de alto CAR (menos eficientes). O número elevado de animais pode ter colaborado para encontrar resultados significativos.

Richardson et al. (2002) utilizaram touros e novilhas de raças europeias testados durante 120 dias para alto e baixo CAR e trabalharam com a progênie destes animais, porém não encontraram diferenças significativas no perfil celular sanguíneo das classes de baixo e alto CAR. Também não foi encontrada correlação dos parâmetros sanguíneos com o CAR. Estes mesmos autores somente encontraram diferenças significativas no coeficiente de regressão das médias dos seguintes parâmetros sanguíneos da progênie: HT, HGB, LEUC e LINF. Segundo os

pesquisadores, este resultado indica evidência para uma associação genética do CAR com estes parâmetros hematológicos.

TABELA 6 - ERITROGRAMA DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ DE CLASSES DE ALTO, MÉDIO E BAIXO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)

PARÂMETROS	CLASSES CAR			EPM	P
	ALTO (22)	MÉDIO (23)	BAIXO (15)		
HEM ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	8,73	8,63	9,05	0,16	0,21
HGB (g/dL)	11,94	11,95	11,78	0,19	0,80
HT (%)	40,45	41,01	40,40	0,71	0,79
VGM (μm^3)	46,46 ^{ab}	47,61 ^a	44,65 ^b	0,60	< 0,01
CHGM (%)	29,65	29,27	29,27	0,19	0,51
LEUC ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	13,49	13,38	13,11	501,03	0,87
PLAQ ($\times 10^3$)	289,05	297,48	292,00	19,19	0,94
PPT (g/dL)	7,17	7,13	7,29	0,09	0,51
FIB (mg/dL)	414,56 ^b	443,48 ^b	554,67 ^a	28,07	< 0,01

Médias com letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de $P < 0,05$

HEM= hemácias; HGB= hemoglobina; HT= hematócrito; VGM= volume globular médio; CHGM= concentração de hemoglobina globular média; LEUC= leucócitos totais; PLAQ= plaquetas; PPT= proteínas plasmáticas totais; FIB= fibrinogênio

FONTE: O autor (2012)

Os valores de VGM foram significativamente diferentes ($P < 0,01$) nas classes do CAR. O VGM foi maior ($47,61 \mu\text{m}^3$) na classe de médio CAR e inferior ao VGM da classe de baixo CAR ($44,65 \mu\text{m}^3$). O VGM da classe de alto CAR, por sua vez, não diferiu de nenhuma das outras duas classes ($46,46 \mu\text{m}^3$). Como os animais menos eficientes não diferiram dos demais, provavelmente este parâmetro não tem relação direta com a eficiência alimentar.

O VGM tamanho médio das células vermelhas e pode ser usado para calcular o hematócrito, juntamente com o valor do número de eritrócitos. O CHGM, por sua vez, indica a concentração média de hemoglobina na célula, portanto, todas estas células estão ligadas as mesmas funções, que são a troca de gases e o transporte de oxigênio e dióxido de carbono na estrutura heme das células (Jones e Allison, 2007). Considerando que as demais células envolvidas nesta mesma função não apresentaram diferença estatística entre as classes, este é mais um indicativo de que neste caso não ocorreu relação direta deste parâmetro com a eficiência alimentar.

Os animais mais eficientes apresentaram maior concentração de FIB ($554,67 \text{ mg/dL}$), enquanto as classes de médio e alto CAR não diferiram estatisticamente entre si, com valores de $443,48$ e $414,56 \text{ mg/dL}$, respectivamente. Richardson et al. (1996) e

Santana (2009) não encontraram diferenças na concentração de FIB entre as classes de CAR. Os mesmos autores também não obtiveram correlação entre FIB e CAR.

Em bovinos o FIB pode ser um indicativo de uma resposta inflamatória aguda, porém os valores de FIB (TABELA 6) estão dentro dos valores de referência. Além do fibrinogênio indicar inflamação aguda ou dano tecidual, este é uma proteína plasmática precursor da fibrina e, por isso, é imprescindível na coagulação. O FIB constitui de 3 a 6% do teor de proteína plasmática total e é sintetizado por hepatócitos (Kramer, 2000). Considerando as funções do fibrinogênio no organismo e o fato de que outras pesquisas não encontraram relação desta proteína com diferentes classes do CAR, os resultados do presente estudo provavelmente ocorreram por variações individuais e não estão necessariamente relacionados à eficiência alimentar.

Na TABELA 7 foi feita correlação das variáveis sanguíneas com o CAR e a CA. A única variável que apresentou correlação significativa com o CAR foi o fibrinogênio. Esta correlação foi negativa e de valor moderado (-0,39), ou seja, animais com baixo valor de CAR (mais eficientes) apresentaram maior concentração de FIB.

TABELA 7 - MÉDIAS, DESVIOS-PADRÃO E CORRELAÇÕES DAS VARIÁVEIS DO ERITROGRAMA COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (r_{CAR}) E COM A CONVERSÃO ALIMENTAR (r_{CA}) DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ

VARIÁVEIS	MÉDIA	DP	r_{CAR}	r_{CA}
HEM ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	8,77	0,72	-0,07	-0,05
HGB (g/dL)	11,90	0,81	0,12	-0,02
HT (%)	40,65	3,09	0,05	-0,02
VGM (μm^3)	46,45	2,86	0,17	0,03
CHGM (%)	29,41	1,18	0,12	0,03
LEUC ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	13,35	21,78	0,16	0,01
PLAQ ($\times 10^3$)	293,02	83,30	0,03	-0,05
PPT (g/dL)	7,19	0,40	-0,14	-0,12
FIB (mg/dL)	460,67	134,09	-0,39**	-0,16

*P < 0,05; **P < 0,01 para Correlação de Pearson

HEM= hemácias; HGB= hemoglobina; HT= hematócrito; VGM= volume globular médio; CHGM= concentração de hemoglobina globular média; PLAQ= plaquetas; PPT= proteínas plasmáticas totais; FIB= fibrinogênio; LEUC= leucócitos totais; NEUT= neutrófilos; LINF= linfócitos; BAST= bastonetes; EOS= eosinófilos; MON= monócitos; BASO= basófilos

FONTE: O autor (2012)

Com exceção do FIB, nenhuma outra variável (HEM, HGB, HT, CHGM, VGM, LEUC, PLAQ e PPT) apresentou efeito significativo ($P>0,05$) e nem valores expressivos de correlação com o CAR ou com a CA. O maior valor de correlação, excluindo o FIB, foi de 0,17 entre VGM e CAR, portanto estas variáveis apresentaram baixa correlação com os índices de eficiência deste estudo. Estes resultados apresentaram o mesmo comportamento do trabalho de Santana (2009) que não encontrou correlação significativa ($P>0,05$) para nenhuma destas variáveis, assim como os valores de correlação também foram baixos.

As células brancas (LEUC, NEUT, LINF, EOS, MON e BASOF) dos bovinos Purunã não diferiram ($P>0,05$) nas diferentes classes de CAR (TABELA 8). A REL N/L também foi semelhante ($P>0,05$) para os três grupos.

Estes resultados apresentam semelhança com os resultados da literatura (Richardson et al., 2002; Santana, 2009; Theis et al., 2002) que não encontraram valores significativos para parâmetros sanguíneos entre diferentes classes de CAR.

TABELA 8 - LEUCOGRAMA DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ DE CLASSES DE ALTO, MÉDIO E BAIXO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)

PARÂMETROS	CLASSES CAR			EPM	P
	ALTO (22)	MÉDIO (23)	BAIXO (15)		
LEUC ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	13,49	13,38	13,11	501,03	0,87
NEUT ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	2,89	2,92	2,75	213,83	0,86
LINF ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	10,06	9,97	9,85	349,48	0,92
BAST ($/\mu\text{L}$)	4,45	9,22	0,00	2,68	0,07
EOS ($/\mu\text{L}$)	227,00	206,96	194,27	39,64	0,85
MON ($/\mu\text{L}$)	293,68	252,74	290,60	31,25	0,56
BASOF ($/\mu\text{L}$)	18,45	20,48	20,20	5,75	0,96
REL N/L	0,29	0,30	0,29	0,02	0,91

Médias com letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de $P < 0,05$

LEUC= leucócitos totais; NEUT= neutrófilos; LINF= linfócitos; BAST= bastonetes; EOS= eosinófilos; MON= monócitos; BASOF= basófilos

FONTE: O autor (2012)

Os valores do leucograma encontram-se dentro dos valores de referência para bovinos (Kramer, 2000), com exceção dos leucócitos totais que se apresentaram levemente aumentados devido à linfocitose. A linfocitose (aumento de linfócitos) é comum em animais mais jovens, devido a uma maior atividade imunogênica nesta fase da vida (Garcia-Navarro, 2005). Considerando que estes animais eram jovens e foram

para um ambiente diferente do habitual, vivendo em confinamento e com vários novos desafios imunológicos, é justificável, em parte, o aumento de linfócitos destes animais.

Nenhuma correlação fenotípica foi significativa ($P>0,05$) para as variáveis do leucograma (TABELA 9). O valor das correlações de todas as células brancas com o CAR e a CA foram baixos. O maior valor de correlação foi 0,24 entre CA e EOS. Estes resultados concordam com Santana (2009) que não obteve nenhuma correlação significativa ($P>0,05$) para nenhuma variável do leucograma. O maior valor de correlação também foi 0,24, porém entre CA e LEUC.

TABELA 9 - MÉDIAS, DESVIOS-PADRÃO E CORRELAÇÕES DAS VARIÁVEIS DO LEUCOGRAMA COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (r_{CAR}) E COM A CONVERSÃO ALIMENTAR (r_{CA}) DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ

VARIÁVEIS	MÉDIA	DP	r_{CAR}	r_{CA}
LEUC ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	13,35	21,78	0,156	0,010
NEUT ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	28,66	9,30	0,119	0,061
LINF ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	9,97	1,52	0,129	-0,061
BAST ($/\mu\text{L}$)	5,17	12,20	0,187	-0,160
EOS ($/\mu\text{L}$)	211,13	172,41	0,061	0,242
MON ($/\mu\text{L}$)	277,22	136,93	0,131	0,118
BASO ($/\mu\text{L}$)	19,67	24,96	0,080	0,083

LEUC= leucócitos totais; NEUT= neutrófilos; LINF= linfócitos; BAST= bastonetes; EOS= eosinófilos; MON= monócitos; BASO= basófilos

FONTE: O autor (2012)

Richardson et al. (2002) não obteve correlação significativa ($P>0,10$) entre parâmetros sanguíneos e CAR. Houve uma tendência de correlação entre CA com LEUC e com EOS ($r = -0,10$; $r = 0,08$ respectivamente). Porém os valores de correlações, além de não significativos, foram baixos e próximos de zero.

3.3 REATIVIDADE

Na TABELA 10 estão apresentados os indicativos de estresse avaliados neste trabalho. Não houve diferença estatística ($P>0,05$) para nenhum dos parâmetros avaliados conforme a divisão dos animais entre as diferentes classes do CAR.

TABELA 10 - INDICATIVOS DE ESTRESSE DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ DE CLASSES DE ALTO, MÉDIO E BAIXO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)

PARÂMETROS	CLASSES CAR			EPM	P
	ALTO (22)	MÉDIO (23)	BAIXO (15)		
CORT (ng/ml)	48,03	48,86	47,79	5,72	0,99
NOTA	1,78	1,63	1,77	0,15	0,71
VELS (m/s)	1,23	1,18	1,38	0,10	0,36
REL N/L	0,29	0,30	0,29	0,02	0,91

CORT= concentração de cortisol; NOTA= nota de reatividade no tronco; VELS= velocidade de saída do tronco; REL N/L= relação neutrófilo:linfócito

FONTE: O autor (2012)

Theis et al. (2002) dosaram concentrações de cortisol de 169 animais em três coletas do período experimental e não encontraram diferenças deste hormônio nas diferentes classes de CAR. Os mesmos autores também coletaram sangue 30 minutos após administração de ACTH, hormônio adrenocorticotrófico que é estimulador da produção de hormônios da glândula adrenal, principalmente o cortisol, e não obtiveram valores significativos para as classes de CAR, nem nas correlações com CAR.

A REL N/L não diferiu ($P>0,05$) entre as diferentes classes de CAR, uma vez que o número de NEUT e LINF também não foi diferente. A concentração de cortisol também influencia na concentração de células brancas e na REL N/L em situações de estresse, conforme já demonstrado por Hickey et al. (2003). Porém, como também não houve diferença no cortisol sérico entre os diferentes grupos de eficiência, a REL N/L não foi alterada.

Nkrumah et al. (2007) trabalharam com 464 animais cruzados em diferentes anos e encontraram apenas tendência ($P= 0,10$) entre as médias de VELS para os grupos de eficiência de CAR. Os indivíduos de baixo CAR apresentaram velocidade maior (VELS= 2,66 m/s) em relação ao grupo de médio e alto CAR, (VELS= 2,50 e 2,43; respectivamente). Estes resultados são opostos ao que seria esperado, uma vez que os animais mais susceptíveis ao estresse provavelmente teriam um valor de CAR maior.

Os parâmetros indicativos de estresse não foram significativamente correlacionados ($P>0,05$) com as variáveis de eficiência CAR e CA (TABELA 11). As correlações foram todas de baixa magnitude ($r\leq 0,13$).

TABELA 11 - MÉDIAS, DESVIOS-PADRÃO E CORRELAÇÕES DOS PARÂMETROS INDICATIVOS DE ESTRESSE COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (r_{CAR}) E COM A CONVERSÃO ALIMENTAR (r_{CA}) EM BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ

PARÂMETROS	MÉDIA	DP	r_{CAR}	r_{CA}
CORT (ng/mL)	48,29	24,81	0,02	-0,10
NOTA	1,72	0,65	0,03	0,07
VELS (m/s)	1,25	0,43	-0,17	0,05
REL N/L	0,29	0,09	0,06	0,07

CORT= concentração de cortisol; NOTA= notas de reatividade no tronco; VELS= velocidade de saída do tronco; REL N/L= relação neutrófilo:linfócito

FONTE: O autor (2012)

Estes resultados estão de acordo com os apresentados por Nkrumah et al. (2007), que não encontraram correlação fenotípica e nem genética da VELS com CAR e CA. Fox (2004) trabalhou com 60 machos da raça Bonsmara e também não encontrou correlação significativa para VELS e notas de reatividade com CAR e CA.

Curley et al. (2006) testaram 66 touros Brahman para características de temperamento: notas para comportamento dos animais no tronco, velocidade de saída e concentração de cortisol. Todas as características foram significativamente correlacionadas com o CAR ($r \geq 0,35$; $P < 0,01$) na primeira avaliação. Os autores notaram que na última avaliação, após 120 dias de experimento, a concentração de cortisol diminuiu significativamente.

O manejo constante e o método de criação igual para todos os indivíduos deste experimento podem ter influenciado e minimizado os indicativos de estresse entre estes animais. Outro fator importante é a formação da raça destes animais, que é composta predominantemente por sangue europeu. Voisinet et al. (1997) testaram 292 novilhos de diferentes raças europeias, sendo que algumas com cruzamento da raça Brahman, que é zebuína. Estes autores relataram que o grupo de novilhos das raças cruzadas com *Bos indicus* eram mais excitáveis e agitados do que o grupo de *Bos taurus*.

É importante considerar que as condições de manejo variam de um local para outro e que raças e cruzamentos distintos também podem apresentar diferentes resultados entre si. Desta forma, não pode ser descartada a relação entre eficiência e estresse.

4 CONCLUSÃO

O CAR é uma variável importante para avaliação da eficiência alimentar, mostrando resultados positivos quanto ao desempenho dos animais. Porém, é necessário avaliar outras variáveis de eficiência em conjunto, como a CA e a EA. Existem diferenças consideráveis na eficiência alimentar dos animais Purunã. No caso deste estudo, houve diferença de consumo de 1,985kg MS/dia para um mesmo ganho de peso, do animal mais eficiente para o menos eficiente. A seleção de bovinos de corte deve dar a devida relevância para a eficiência alimentar.

Os indicativos de estresse e parâmetros sanguíneos do hemograma e leucograma não foram diretamente associados à eficiência alimentar, como foi evidenciado neste estudo. A variação individual de cada animal, particularidades do metabolismo e métodos de manejo na criação são alguns dos fatores que dificultam a análise da eficiência por parâmetros hematológicos e de estresse. Tentativas de avaliar outras variáveis devem ser realizadas para correlação com a eficiência alimentar.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. **Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento**. 2005, 181p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J. et al. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 2805-2811, 2001.
- BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; AALHUS, J.L. et al. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v.83, p.189-204, 2003.
- BURROW, H.W.; SEIFERT, G.W.; COBERT, N.J. A new technique for measuring temperament in cattle. **Proceedings...** Australian Society of Animal Production, v.17, p.154-157, 1988.
- COLES, E.H. Patologia clínica veterinária. 3.ed. São Paulo: Editora Manole, 1984. 566p.
- CURLEY, K.O.; PASCHAL, J.C.; WELSH, T.H. et al. Technical note: Exit velocity as a measure of cattle temperament is repeatable and associated with serum concentration of cortisol in Brahman bulls. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 3100-3103, 2006.
- GARCIA-NAVARRO, C.E.K. **Manual de Hematologia Veterinária** 2ª ed. São Paulo: Livraria Varela, 2005. cap. 4, p. 55-78.
- GEOPORTAL. Geoportal Ponta Grossa. Informações georeferenciadas e tabulares sobre o município. Disponível em: <<http://geo.pg.pr.gov.br/portal/>>. Acesso em: 13/02/2004.
- GOMES, R.C.; BALLOU, R.F.; SIQUEIRA, T.R. et al. Blood cell profiles and plasma concentrations of glucose and cortisol of Nellore steers and bulls selected for low and high residual feed intake before and following a mild stressor. **Journal of Animal Science**, v. 86, E-Suppl. 2/J, p. 473, 2008.
- GOMES, R.C.; SIQUEIRA, R.F.; BALLOU, M.A. et al. Hematological profile of beef cattle with divergent residual feed intake, following feed deprivation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.9, p.1105-1111, 2011.

FOX, J.T. **Characterization of residual feed intake and relationships with performance, carcass and temperament traits in growing calves.** 2004. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Texas A&M University, Texas, 2004.

HICKEY, M.C.; DRENNAN, M.; EARLEY, B. The effect of abrupt weaning of suckler calves on the plasma concentrations of cortisol, catecholamines, leukocytes, acute-phase proteins and in vitro interferon-gamma production. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 2847-2855, 2003.

JONES, M.L.; ALLISON, R.W. Evaluation of the ruminant complete blood cell count. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 23, p. 377-402, 2007.

KELLY, A.K.; MCGEE, M.; CREWS, D.H. et al. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition traits in growing heifers. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 109-123, 2010.

KOCH, R.M.; SWIGER, L.A.; CHAMBERS, D. et al. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.22, p.486-494, 1963.

KRAMER, J.W. Normal hematology of cattle, sheep and goats. In: FELDMAN, B.F.; ZINKL, J.G.; JAIN, N.C. **Schalm's Veterinary Hematology**. 5th. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000. p. 1075-1084.

LANCASTER, P.A.; CARSTENS, G.E.; RIBEIRO, F.R.B. et al. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass traits in growing bulls. **Journal of Animal Science**, v.87, p. 1528–1539, 2009.

LANNA, D.P.; ALMEIDA, R.; NEPOMUCENO, N.H.C. et al. RLM 3.2 – Ração de Lucro Máximo, versão 3.2.2, 2009.

NKRUMAH, J.D.; CREWS, D.H.; BASARAB, J.A. et al. Genetic and phenotypic relationships of feeding behavior and temperament with performance, feed efficiency, ultrasound, and carcass merit of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 2382-2390, 2007.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. et al. Possible physiological indicators for net feed conversion efficiency in beef cattle. **Proceedings...**, Australian Society of Animal Production, v. 21, p. 901–908, 1996.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; COLDITZ, I.C. et al. Blood cell profiles of steer progeny from parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.42, p.901-908, 2002.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle: 2. Synthesis of results following divergent selection. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.44, p.431-440, 2004.

SANTANA, M.H.A. **Relação do consumo alimentar residual e conversão alimentar com características de carcaça, perfil metabólico e sanguíneo de touros da raça Nelore.** 2009, 75f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **SAS/STAT User's Guide Release.7.0 Edition.** Cary: SAS Institute, 1998.

THEIS, C.M.; CARSTENS, G.E.; HOLLENBECK, R.J. et al. Residual feed intake in beef steers: II. Correlations with hematological parameters and serum cortisol. In: **Proceedings...** Champaign, American Society of Animal Science Western Section, v. 53, 2002.

VOISINET, B.D.; GRANDIN, T.; TATUM, J.D. et al. Feedlot cattle with calm temperaments have higher average daily gains than cattle with excitable temperaments. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 892-896, 1997.

CAPÍTULO III – CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E SUAS RELAÇÕES COM O COMPORTAMENTO INGESTIVO E SELEÇÃO DA DIETA EM BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ

RESUMO

A eficiência alimentar é um parâmetro de grande importância para bovinos de corte. A relação deste parâmetro com outras variáveis melhora o aprimoramento da seleção de animais mais eficientes no futuro. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência alimentar de touros em crescimento da raça Purunã e suas relações com o comportamento ingestivo e a seleção do tamanho de partículas. O comportamento ingestivo e a separação de partículas da dieta de 60 animais da raça Purunã foram avaliados em relação a conversão alimentar (CA) e a três classes de consumo alimentar residual (CAR). O período experimental teve duração de 112 dias, com pesagens a cada 28 dias. Foram feitas três avaliações de 24 horas do comportamento ingestivo e dez separações de amostras compostas das sobras analisadas com o Separador de Partículas *Penn State* (SPPS). As sobras eram pesadas diariamente e retirava-se uma subamostra. Após sete dias, era retirada uma medida da amostra composta para separação no SPPS. Foram calculadas as porcentagens retidas em cada peneira e o tamanho médio de partícula nas sobras (TMPS), a partir dos cálculos estabelecidos por Heinrichs e Kononoff (2002). Não houve diferenças significativas entre as classes de alto, médio e baixo CAR e comportamento ingestivo. Houve correlações significativas somente para CA e tempo de ruminação ($r_{CA} = -0,31$) e para CA e tempo em ócio ($r_{CA} = 0,38$). A separação de partículas das sobras foi diferente entre os diferentes grupos de eficiência alimentar, revelando que os animais de baixo CAR deixaram maiores porcentagens de partículas maiores nas sobras em relação aos animais de médio e alto CAR. Portanto, os animais mais eficientes ingeriram maior proporção de partículas menores, representadas principalmente pelo concentrado da dieta.

Palavras-chave: conversão alimentar, eficiência alimentar, padrão de alimentação, separador de partículas *Penn State*, sobras alimentares

CHAPTER III - RESIDUAL FEED INTAKE AND ITS RELATIONS WITH FEEDING BEHAVIOR AND DIET SELECTION IN PURUNÃ CATTLE

ABSTRACT

Feed efficiency is a great importance parameter for beef cattle. The relationships of this parameter with other variables lead to an improvement and to the selection of more efficient animals in the future. The aim of this study was to evaluate the feed efficiency of Purunã growing bulls and its relationship with feeding behavior and particle size selection. The feeding behavior and diet particles selection of 60 Purunã animals were evaluated in relation to feed conversion ratio (FCR) and three classes of residual feed intake (RFI). The experimental period lasted 112 days, with weighings every 28 days. Three 24-hour evaluations of the feeding behavior were made and ten evaluation of composite samples from the feed refusals were analyzed with the Penn State Particle Separator (PSPS). The feed refusals were weighed daily and withdrew a subsample. After seven days, a standard quantity of sample was used for separation in PSPS. The percentage retained on each sieve and the average particle size of the feed refusals (APSFR) were estimated based on the calculations determined by Heinrichs and Kononoff (2002). There were no significant differences between high, medium and low classes of RFI and feeding behavior. There were significant correlations only for feed conversion ratio (FCR) and time of rumination ($r_{CA} = -0.31$) and for FCR and leisure time ($r_{CA} = 0.38$). The particles selection from the feed refusals was different among different feed efficiency groups, showing that low RFI animals left a higher percentage of larger particles on the feed refusals than the medium and high RFI animals. Therefore, the most efficient animals ingested larger proportion of small particles, mainly represented by the concentrate.

Keywords: feed conversion ratio, feed efficiency, feeding patterns, feed refusals, *Penn State* particle separator

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores investimentos na produção animal é a alimentação. A maior parte da energia da dieta (65 a 70%) é destinada para a manutenção do animal, enquanto uma menor parte é para ganho de peso. Logo, animais que possuem exigências de energia de manutenção menor e melhor conversão para deposição tecidual são para animais mais interessantes em sistemas de produção.

Ferramentas amplamente utilizadas como a conversão e a eficiência alimentar, podem levar a um resultado indesejável. Este resultado indesejável é a seleção de animais com tamanho elevado adulto (Lanna et al., 2003). Animais maiores, conseqüentemente também terão taxas de manutenção maiores. Isto afeta todo o ciclo da produção, sendo economicamente indesejável.

O estudo de outras metodologias para avaliar a eficiência alimentar é indispensável para aprimorar a seleção de animais mais adequados à produção. Um método alternativo é o consumo alimentar residual (CAR), que considera o peso vivo do animal e o ganho de peso em seu cálculo (Arthur et al., 2001). Vários fatores podem influenciar na eficiência alimentar, entre eles, o padrão de alimentação (Richardson et al., 2004).

Segundo pesquisas, animais menos eficientes despendem mais tempo se alimentando. Foi demonstrada correlação moderada ($r = 0,49$) em bovinos de corte entre CAR e o tempo de alimentação (Nkrumah et al., 2007). Esta mesma correlação positiva, do CAR com tempo diário de alimentação ($r = 0,44$), foi encontrada também na espécie suína (Von Felde et al., 1996).

O comportamento ingestivo animal tem sido recorrente em pesquisas com eficiência alimentar. O consumo diário muito variável pode acarretar em acidose subclínica, afetando negativamente o desempenho deste animal (Gibb et al., 1998; Owens et al., 1998). Portanto, os padrões de ingestão de alimento são importantes para avaliação do desempenho dos animais.

As sobras em cochos individuais são indicativos importantes da seleção que cada animal desempenha no cocho. A análise destas sobras pode ser feita pela

separação de partículas conforme o tamanho das mesmas. Para estudos de separação de partículas foi desenvolvido o Separador de Partículas *Penn State* (*Penn State Particle Separator*; Heinrichs e Kononoff, 2002). Também pode ser fracionada a ração total misturada ofertada com esta caixa de separação, assim é possível saber com maior precisão as partículas que realmente foram consumidas pelo animal. O SPPS é mais comumente utilizada para bovinos leiteiros e pode ser utilizada para separação de pré-secado, silagem ou ração total misturada.

O comportamento ingestivo pode estar relacionado à seleção da dieta e ao tempo das atividades. Interação entre o tamanho de partículas na dieta e o tempo de ruminação foi encontrado por Neumann et al. (2009). Experimento com vacas leiteiras demonstrou que o tempo total de mastigação (soma da alimentação e ruminação) por kg de matéria de seca ingerida decresceu linearmente com a diminuição no tamanho de partícula na dieta de vacas leiteiras (Kononoff et al., 2003).

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência alimentar de touros em crescimento da raça Purunã e suas relações com o comportamento ingestivo e com a seleção da dieta, a partir da avaliação das sobras da dieta de cada animal.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O local, período, animais, manejo, dieta experimental e variáveis de desempenho e de consumo foram apresentados nos subitens 2.1 a 2.5 do capítulo II desta dissertação.

2.1 COMPORTAMENTO INGESTIVO

O comportamento ingestivo dos animais foi avaliado em três períodos de 24 horas no confinamento nos dias 4 de junho (39 dias de confinamento), 2 de julho (67 dias de confinamento) e 30 de julho (95 dias de confinamento). A avaliação do comportamento iniciava-se às 6 da manhã e se encerrava-se às 6 da manhã do dia seguinte. Os registros do comportamento foram feitos manualmente por observações individuais dos animais. Dez pessoas previamente treinadas realizaram esta atividade.

O monitoramento foi feito com intervalo amostral de 10 minutos para todos os animais. Avaliou-se a posição do animal: em estação ou deitado; a posição da cabeça: levantada ou abaixada e a atividade que estava sendo realizada: ruminação, alimentação, ingestão de água ou ócio (sem atividade ou distrações). Outras atividades como interação com animais das baias próximas, distrações com cordoalha, cercas do confinamento e outros animais da fazenda, foram consideradas como ócio.

2.2 SELETIVIDADE DO TAMANHO DE PARTÍCULAS

Uma amostra das sobras foram coletadas diariamente (a partir de 40 dias de confinamento) de cada animal. A coleta foi feita logo após a pesagem das sobras, era retirada uma medida com um recipiente, sendo que a medida pesava em médio 320g de peso úmido. Todas estas amostras eram devidamente identificadas, armazenadas e resfriadas para não perder sua umidade e suas características. No final de uma semana, era obtida uma amostra composta, que era homogeneizada e desta, retirava-se uma sub-amostra com medida padronizada, pesando em média de 870g de peso úmido, para separação das partículas das sobras.

As avaliações separação de partículas das sobras dos animais foi realizada nos dias experimentais: 46, 53, 60, 67, 74, 81, 88, 95, 102 e 111, totalizando dez avaliações. A separação de partículas foi feita utilizando o Separador de Partículas *Penn State* (SPPS), conforme metodologia instituída pelos pesquisadores que desenvolveram o equipamento (Heinrichs e Kononoff, 2002). O SPPS é constituído por três peneiras sobrepostas, cada uma com aberturas de diâmetros que começavam maiores e ficam menores, até a quarta e a última caixa, que não possui aberturas e armazena as partículas menores. O diâmetro das aberturas da primeira peneira possui 19 mm, o da segunda 7,8 mm, o da terceira 1,7 mm e a quarta e última caixa é fechada. Na FIGURA 4, podem ser vistas as peneiras com a separação das sobras do animal da baia 10.



FIGURA 4 - PRIMEIRA PENEIRA COM ABERTURAS DE 19 MM (ACIMA À ESQUERDA), SEGUNDA PENEIRA COM ABERTURAS DE 7,8 MM (ABAIXO À ESQUERDA), TERCEIRA PENEIRA DE 1,7 MM (ABAIXO À DIREITA) E O FUNDO COM AS MENORES PARTÍCULAS (ACIMA À DIREITA)

FONTE: O autor (2012)

Foi calculada a porcentagem de peso das sobras retida em cada peneira e o tamanho médio de partícula nas sobras (TMPS), conforme os cálculos estabelecidos por Heinrichs e Kononoff (2002).

2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os animais foram divididos nas classes CAR baixo ($CAR < -0,5 \cdot DP_{CAR}$), médio ($-0,5 \cdot DP_{CAR} < CAR < +0,5 \cdot DP_{CAR}$) e alto ($CAR > +0,5 \cdot DP_{CAR}$). O programa estatístico utilizado para todas análises foi o *Statistical Analysis System* versão 7.0 (SAS, 1998). Foi realizado a análise de variância pelo modelo linear geral (PROC GLM) em delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos, que corresponderam às três classes CAR. O teste de Tukey-Kramer foi utilizado, considerando significância de 95%, para comparação entre as médias do comportamento ingestivo, para as três classes de CAR. A correlação de Pearson foi feita entre os parâmetros do comportamento ingestivo e das variáveis da distribuição das sobras e TMPS com o CAR e a CA, considerando $P < 0,05$ pelo procedimento CORR do SAS.

As porcentagens das sobras retidas nos estratos das peneiras e o TMPS foram avaliados considerando o efeito de tempo. A análise foi feita com dois efeitos fixos, a classe de CAR e o tempo (dez avaliações) para as variáveis dependentes, que foram as porcentagens de sobras retidas nos estratos do SPPS e o TMPS, pelo Método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML) do PROC MIXED do SAS. A estrutura de covariâncias que se mostrou mais adequada para a análise dos dados foi a não-estruturada, conforme o critério de informação Akaike (AIC) e de Schwarz (BIC). Todos dados avaliados foram considerados significativos no intervalo de confiança de 95%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 COMPORTAMENTO INGESTIVO

As atividades do comportamento ingestivo não diferiram significativamente ($P>0,05$) entre as diferentes classes de CAR. Como pode ser visto na TABELA 12, todas as atividades tiveram tempo de duração semelhantes entre os diferentes grupos de eficiência.

TABELA 12 - PARÂMETROS DO COMPORTAMENTO INGESTIVO DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ DE CLASSES DE ALTO, MÉDIO E BAIXO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR)

PARÂMETROS (HORAS/DIA)	CLASSES CAR			EPM	P
	ALTO (22)	MÉDIO (23)	BAIXO (15)		
Posição					
Em estação	9,37	9,12	9,33	0,29	0,79
Decúbito	14,63	14,87	14,67	0,29	0,79
Posição da cabeça					
Cabeça Levantada	16,23	16,50	15,95	0,28	0,42
Cabeça Abaixada	7,78	7,50	8,05	0,28	0,42
Atividade					
Alimentação	4,20	4,22	4,42	0,15	0,59
Ruminação	9,32	9,31	9,07	0,21	0,67
Ingestão de água	0,19	0,26	0,19	0,04	0,24
Ócio	10,28	10,21	10,36	0,24	0,91

EPM= erro padrão médio das três classes de CAR

FONTE: O autor (2012)

Estes resultados estão de acordo com o trabalho de Bingham et al. (2009) que não encontraram diferença para o tempo de alimentação entre as diferentes classes de CAR. Porém, estes mesmos autores demonstraram que os animais de baixo CAR passaram mais tempo com a cabeça abaixada em relação ao bovinos menos eficientes (alto CAR), o contrário do que seria esperado. A frequência (número de eventos por dia) de cabeça abaixada foi superior na classe de alto CAR em relação ao grupo baixo CAR.

Estes resultados contrastam com os de Nkrumah et al. (2007), que também encontraram diferenças entre os grupos de eficiência. Os animais de baixo CAR passaram menos tempo se alimentando do que o grupo alto CAR. Os mesmos autores encontraram que animais de baixo CAR permaneceram menos tempo com a cabeça

abaixada e tiveram menor frequência de alimentação em relação aos animais menos eficientes (alto CAR).

Golden et al. (2007) testaram dois grupos de novilhos Angus cruzados, sendo que o primeiro era alimentado com dieta tradicional (volumoso mais concentrado, como ração total misturada - RTM) e o segundo somente com concentrado. Em ambos os grupos, os animais mais eficientes apresentaram menor número de acessos ao cocho em relação ao grupo de animais menos eficientes.

Cancian et al. (2010) trabalharam com bovinos da raça Nelore e também não encontraram diferenças no comportamento ingestivo entre indivíduos de alto e baixo CAR. Estes autores atribuíram a possibilidade da ausência de efeito significativo dos resultados ao uso de baias coletivas. Trettel et al. (2008) utilizaram baias individuais e testaram novilhos Nelore, no entanto nenhum destes resultados foi significativamente diferente entre animais de alto e baixo CAR.

Pesquisas realizadas (Cruz et al., 2006; Nascimento et al., 2010) na tentativa de avaliar se o tipo de baia (individual ou coletiva) influencia o comportamento ingestivo não encontraram diferenças entre os animais em diferentes alojamentos. Cruz et al. (2006) afirmaram que no caso do uso de baias individuais, deve-se estimular os animais a visitarem o cocho mais de uma vez por dia.

Neumann et al. (2009) utilizaram 36 novilhos Charolês com idade média de 12 meses e utilizaram concentrado e silagem de milho com tamanho de partículas grandes (10 a 20 mm). O tempo de ruminação observado por estes autores foi bem próximo ao do presente estudo (média de 9,25 vs. 9,26 horas/dias, respectivamente). O tempo de ócio encontrado pelos mesmos autores (média de 10,58 horas/dia) também foi semelhante, sendo um pouco superior ao encontrado neste estudo, que foi em média 10,27 horas/dia.

O tamanho de partícula pode causar diferenças no tempo de ruminação. Neumann et al. (2009) encontraram diferenças no tempo de ruminação entre silagens com partícula grande (entre 10 a 20mm) e partícula pequena (2 a 6mm). Nesta mesma pesquisa os autores encontraram diferenças significativas no tempo de ruminação, apenas no corte alto do milho para ensilagem (38,6cm), enquanto no corte baixo (15,2cm) não houve diferenças no tempo de ruminação. Segundo estes autores, a silagem com partícula grande, que tem maior percentual de tamanho de partículas

retidas na peneira de 19mm, pode ter acarretado em maior efetividade da fibra em detergente neutro (FDN), assim, como consequência, os animais passaram mais tempo ruminando.

Oliveira et al. (2011) avaliaram comportamento ingestivo de 12 animais da raça Charolês confinados. O tempo de ruminação dos animais que receberam uma dieta com 40% de concentrado foi de 8,47 h/dia quando a matéria seca da silagem de milho foi de 25,6% e 7,85 h/dia quando a matéria seca foi de 32,6%. Os valores de concentrado e MS da silagem de milho são semelhantes aos deste estudo, porém o tempo médio de ruminação dos animais avaliados no presente trabalho foi de 9,26 h/dia, esta diferença pode ser explicada pelo alto teor de FDN (56%) da silagem oferecida aos animais no presente estudo.

Os mesmos autores citados acima também não encontraram diferenças no tempo de ingestão de água entre os animais pesquisados, mesmo testando diferentes níveis de concentrado (40 e 70%) e diferentes teores de MS de silagem (25,6 e 32,6%).

A maioria das atividades do comportamento não apresentaram correlações significativas ($P > 0,05$) com CAR e CA (TABELA 13). Somente o tempo de ruminação e o ócio apresentaram correlações significativas ($P < 0,05$) com CA.

TABELA 13 - MÉDIAS, DESVIOS-PADRÃO E CORRELAÇÕES DOS PARÂMETROS DO COMPORTAMENTO INGESTIVO COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (r_{CAR}) E COM A CONVERSÃO ALIMENTAR (r_{CA}) DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ

PARÂMETROS (HORAS/DIA)	MÉDIA	DP	r_{CAR}	r_{CA}
Posição				
Em estação	9,26	1,26	-0,00	0,15
Decúbito	14,73	1,26	0,00	-0,15
Posição da cabeça				
Cabeça Levantada	16,26	1,25	0,08	0,25
Cabeça Abaixada	7,74	1,24	-0,08	-0,25
Atividade				
Alimentação	4,27	0,67	-0,19	-0,18
Ruminação	9,26	0,93	0,11	-0,31*
Ingestão de água	0,22	0,16	0,10	-0,07
Ócio	10,27	1,02	-0,02	0,38**

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ para Correlação de Pearson

FONTE: O autor (2012)

A correlação entre CA e ócio foi moderada e positiva ($r_{CA} = 0,38$; $P < 0,01$). Este resultado indica que quanto maior a CA do animal, mais tempo o mesmo passou em ócio. A correlação entre CA e tempo de ruminação foi moderada e negativa ($r_{CA} = -0,31$;

$P < 0,05$), ou seja, quanto menor o valor da CA (animais mais eficientes), maior foi o tempo de ruminação.

A correlação entre CA e tempo de ruminação apresentou sinal oposto à correlação entre CA e tempo em que o animal permaneceu em ócio. Estes resultados indicam que os animais mais eficientes passaram mais tempo ruminando e menor tempo em ócio, enquanto com os menos eficientes ocorreu o contrário.

Diferentemente ao presente estudo, Lancaster et al. (2005) encontraram correlação significativa e moderada entre CAR e tempo de alimentação ($r = 0,41$) e entre CAR e frequência de alimentação encontraram correlação significativa, porém fraca ($r = 0,17$). Os mesmos autores não obtiveram correlações significativas entre tempo e frequência de alimentação e CA.

Kelly et al. (2010) analisaram o comportamento ingestivo de novilhos de corte mestiços, incluindo número de eventos de alimentação, tempo e taxa de alimentação e não obtiveram correlações significativas com CAR e CA, mesma resposta observada neste estudo.

Nkrumah et al. (2006) trabalharam com comportamento ingestivo de 27 novilhos, que foram selecionados entre 306 animais conforme baixo, médio e alto CAR. Os animais de baixo CAR visitaram o cocho menos vezes por dia e despenderam menos tempo se alimentando ($P < 0,01$) em relação aos animais de médio e alto CAR.

Os diferentes resultados em relação aos autores citados acima e em relação a este trabalho provavelmente estão relacionados ao método de avaliação. Enquanto no presente trabalho foi utilizada avaliação de comportamento ingestivo, com intervalo amostral de 10 minutos, nos estudos de Lancaster et al. (2005), Golden et al. (2007) e Nkrumah et al. (2007) foram utilizados um sistema automatizado, o GrowSafe System®.

Bingham et al. (2009), Trettel et al. (2008) e Cancian et al. (2010) utilizaram gravações de imagens de vídeo para posterior avaliação do comportamento ingestivo. Bingham et al. (2009) ainda dispunham do sistema automatizado Calan Gate® para avaliação dos animais.

As avaliações manuais de comportamento têm a desvantagem do intervalo amostral e a vantagem de ter um baixo custo, já os sistemas automatizados têm a desvantagem de exigir estrutura de custo elevado e manutenção do equipamento e a vantagem de ser mais preciso por não ter intervalo amostral. Porém, não é possível

avaliar o tempo de ruminação dos animais pelo sistema automatizado. O método da gravação em vídeo, por sua vez, necessita de equipamento e mão-de-obra por longos períodos para posterior avaliação das horas gravadas, a vantagem é a avaliação minuciosa de comportamento de cada animal. Estes métodos disponíveis devem ser eleitos conforme maior adequação para as condições e para o foco da pesquisa.

3.2 SELETIVIDADE DO TAMANHO DE PARTÍCULAS

A separação das partículas da amostra de ração total misturada (RTM) que foi oferecida aos animais está apresentada na TABELA 14. A amostra da RTM utilizada neste experimento apresentou-se dentro padrão de distribuição nas peneiras da RTM, conforme proposto por Heinrichs e Kononoff (2002), os autores que desenvolveram o Separador de Partículas *Penn State*.

As porcetagens da distribuição nas peneiras da RTM oferecida aos animais foram semelhantes com as porcentagens de peso obtidas por Neumann et al. (2009) com tamanho de partículas pequenas.

TABELA 14 - PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO DA RAÇÃO TOTAL MISTURADA (RTM) EM PENEIRAS DE DIFERENTES DIÂMETROS SEGUNDO HEINRICHS E KONONOFF (2002) E DA AMOSTRA DA RTM FORNECIDA NO EXPERIMENTO COM BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ

PENEIRAS	RTM ¹	RTM EXPERIMENTAL
> 19 mm (%)	2 a 8	4,6
19 mm a 7,8 mm (%)	30 a 50	42,7
7,8 mm a 1,7 mm (%)	30 a 50	42,5
< 1,7 mm (%)	≤ 20	10,1

¹RTM= valores de referência para ração total misturada segundo Heinrichs e Kononoff (2002)

FONTE: Modificado pelo autor (2012)

Oliveira et al. (2011) ofereceram RTM a novilhos confinados, composta por com 25,6% da MS de silagem de milho e 40% da MS de concentrado, a base de soja e milho. A RTM utilizada por estes autores é bem semelhante a que foi utilizada neste estudo. As porcentagens encontradas nas peneiras por estes pesquisadores foram semelhantes às porcentagens encontradas na RTM experimental deste estudo (TABELA 14).

As quantidades percentuais de sobras dos animais, ajustadas no tempo, estão apresentadas na TABELA 15. Os animais de baixo CAR apresentaram quantidade percentual superior ($P < 0,05$) de partículas maiores do que 19 mm nas sobras, comparados aos animais de alto CAR. A classe de médio CAR apresentou valor intermediário e não diferiu ($P > 0,05$) em relação às demais classes. Estes valores demonstram que os animais de baixo CAR (mais eficientes) selecionaram e rejeitaram as partículas maiores, deixando maior porcentagem de partículas maiores do que 19 mm, comparados a animais de alto CAR.

TABELA 15- DISTRIBUIÇÃO DAS SOBRAS DIÁRIAS DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ DE CLASSES DE ALTO, MÉDIO E BAIXO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR), EM PENEIRAS DE DIFERENTES DIÂMETROS

VARIÁVEIS	Classes de CAR			EPM	P
	Alto (N = 22)	Médio (N = 23)	Baixo (N = 15)		
> 19 mm (%)	10,91 ^b	13,83 ^{ab}	15,80 ^a	1,48	0,02
19 mm a 7,8 mm (%)	48,93	48,30	50,83	1,17	0,23
7,8 mm a 1,7 mm (%)	35,00 ^a	33,75 ^a	27,97 ^b	1,79	0,01
< 1,7 mm (%)	4,98 ^{ab}	5,17 ^a	4,07 ^b	0,55	0,04
TMPS (mm)	8,14 ^b	8,46 ^{ab}	9,27 ^a	0,41	0,05

Médias com letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de $P < 0,05$

O efeito fixo do tempo foi significativo ($P < 0,01$) para todas as variáveis

TMPS= tamanho médio da partícula nas sobras; EPM= erro padrão médio

Na terceira peneira (7,8 a 1,7mm) ocorreu o inverso, ou seja, os animais mais eficientes (baixo CAR) apresentaram menor porcentagem de partículas em relação ao grupo de alto CAR ($P < 0,05$) e menores também do que o grupo de médio CAR ($P < 0,05$). Os grupos de bovinos de médio e alto CAR não diferiram entre si ($P > 0,05$). Estes valores confirmam o fato de que os animais mais eficientes ingeriram maior proporção de partículas menores.

Somente no terceiro estrato (7,8 a 1,7mm) o efeito da classe foi significativo nas médias de porcentagem em função do tempo ($P < 0,05$). Já o tempo foi significativo para todos estratos e também para o TMPS ($P < 0,01$). Este resultado indica que os animais modificaram a ingestão e, conseqüentemente, as porcentagens de sobras em cada estrato ao longo do período de avaliação.

O TMPS de todos animais na primeira avaliação do SPPS foi de 10,78mm \pm 2,96 (média \pm DP), sendo que na avaliação seguinte dia experimental 53, o TMPS caiu

para $8,92\text{mm} \pm 2,42$ e ficou entre $7,78\text{mm}$ a $8,82\text{mm}$ durante as 8 avaliações restante. Não houve um padrão destes animais, porém observou-se que nas primeiras avaliações o TMPS foi maior, provavelmente porque os animais ainda estavam se adaptando e desenvolvendo sua capacidade de selecionar o alimento oferecido.

As quantidades de sobras retidas no segundo estrato (19 a $7,8\text{ mm}$) não diferiram ($P>0,05$) entre os diferentes grupos de eficiência. Enquanto que no último estrato (partículas $< 1,7\text{mm}$) a classe de baixo CAR diferiu da classe de médio CAR ($4,07$ vs. $5,16\%$; $P<0,05$). A classe de alto CAR não diferiu dos demais grupos de eficiência ($4,98\%$, $P>0,05$). Os animais de médio CAR foram os que ingeriram menor quantidade, proporcionalmente, de partículas menores do que $1,7\text{mm}$, deixando maior porcentagem deste estrato nas sobras.

O TMPS apresentou tendência a ser superior no grupo de baixo CAR e diferiu do grupo de alto CAR ($9,27$ vs. $8,14\text{mm}$, $P=0,05$). Já os animais da classe CAR médio apresentaram valor de TMPS semelhante ($P>0,05$) aos grupos baixo e alto CAR. O maior tamanho de partículas nas sobras do grupo de baixo CAR está relacionado com os demais resultados da tabela, mostrando que estes animais tiveram maior poder de seleção da dieta, selecionando e ingerindo as partículas menores.

Kononof et al. (2003) afirmaram que quanto maior o tamanho médio de partícula, silagem com partículas maiores do que 19 mm , aumenta significativamente o poder de seleção dos animais nesta dieta. Já nos cortes mais finos, o poder de seleção dos animais diminui e o consumo aumenta, no entanto devem ser considerados os custos para este processamento.

Estes resultados contrastam com os de Silva et al. (2010), que trabalharam com novilhos e tourinhos Nelore e não encontraram resultados significativos para os diferentes estratos das peneiras em relação a animais de alto e baixo CAR. Estas diferenças podem ter ocorrido pela diferença entre os estratos utilizados por estes autores, que foram: maiores que 38mm , de 38 e 19mm , de 19 e $7,8\text{mm}$ e menor do que $7,8\text{mm}$. O fato do uso de estratos maiores é explicado pela dieta utilizada, que foi com silagem de cana-de-açúcar.

Golden et al. (2007) testaram novilhos Angus cruzados de pesos bem semelhantes em dois experimentos. No primeiro foi utilizada uma dieta tradicional (silagem de milho e concentrado) em 80 animais e no segundo foi utilizada uma dieta

sem volumoso (milho e concentrado) em 40 novilhos. O GMD foi semelhante para os animais mais eficientes do experimento com e sem volumoso (1,40 vs. 1,51 kg/dia, respectivamente), assim como para os animais ineficientes (1,51 vs. 1,49 kg/dia). O consumo de matéria seca também foi semelhante para os animais mais eficientes nas dietas com e sem volumoso (6,99 vs. 6,51 kg/dia, respectivamente) e com uma diferença mais considerável no caso dos animais ineficientes (10,30 vs. 7,87 kg/dia).

Os resultados de Golden et al. (2007) indicam que mesmo com uma dieta mais rica em concentrado, existem animais que ingerem menos alimento e convertem em maior ganho de peso quando comparados a outros animais, portanto esta variação na seleção de alimentos não irá alterar a eficiência alimentar dos animais.

Kononof et al. (2003) utilizaram o separador de partículas e afirmaram que a redução do tamanho das partículas na silagem de milho aumentou o consumo de vacas em lactação. No mesmo trabalho, autores sugerem que uma dieta com maior concentração de partículas maiores de silagem (>19 mm), permite maior seleção dos animais, acarretando em maior consumo de partículas menores (entre 1,18 a 8 mm). O consumo deste tamanho de partículas é maior nesta dieta do que naquela que possuem maior concentração de partículas menores. As vacas apresentaram a mesma produção de leite nas dietas com diferentes tamanhos de partícula.

Os valores das médias aritméticas de sobras (TABELA 16) mostram que a maior proporção, de 49,56%, ficou retida na segunda peneira, ou seja, possuía tamanho de partícula intermediário, entre 19 a 7,8mm. A peneira seguinte, que reteve partículas entre 7,8 a 1,7mm, apresentou a segunda maior proporção (32,25%). As duas menores proporções ocorreram na primeira (maior que 19mm) e na última peneira (menor que 1,7mm), com 13,47% e 4,73%, respectivamente.

TABELA 16 - MÉDIAS, DESVIOS-PADRÃO E CORRELAÇÕES COM A DISTRIBUIÇÃO DAS SOBRAS DIÁRIAS EM PENEIRAS DE DIFERENTES DIÂMETROS COM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (r_{CAR}) E COM A CONVERSÃO ALIMENTAR (r_{CA}) DE BOVINOS DA RAÇA PURUNÃ

PARÂMETROS	MÉDIA	DP	r_{CAR}	r_{CA}
> 19 mm (%)	13,47	7,68	-0,40**	-0,30*
19 mm a 7,8mm (%)	49,56	6,47	-0,13	-0,03
7,8 mm a 1,7mm (%)	32,25	9,43	0,38**	0,23
< 1,7 mm (%)	4,73	3,60	0,09	0,09
TMPS (mm)	8,54	3,52	-0,37**	-0,26*

*P < 0,05; **P < 0,01 para Correlação de Pearson

TMPS= tamanho médio da partícula nas sobras

FONTE: O autor (2012)

Os estratos mais representativos foram encontrados nas peneiras intermediárias (19 a 7,8mm e 7,8 a 1,7mm), que concordam com o que foi encontrada na amostra padrão (TABELA 14), que representava o que foi oferecido aos animais. O TMPS foi de 8,54mm que se enquadra no segundo estrato (19 a 7,8mm) retido no SPPS.

A média encontrada na primeira peneira, que separa partículas maiores, foi maior do que aquela encontrada na amostra da RTM experimental que foi oferecida aos animais (13,47 vs. 4,6, respectivamente; TABELA 14), isto demonstra que os animais deixaram as partículas maiores no cocho, que são mais facilmente separadas do restante da dieta. O contrário ocorreu na última peneira, onde ficam retidas as partículas menores. A quantidade média de sobras foi menor do que aquela encontrada na amostra da RTM experimental (4,73 vs. 10,1). Estes valores demonstram que os animais tentam selecionar e ingerir as partículas menores da dieta, que representam o concentrado.

As médias das porcentagens das sobras obtidas nas peneiras contrastam com as porcentagens encontradas por Neumann et al. (2009). As porcentagens das peneiras com tamanho de partículas menores (<7,8mm) foram menores no presente estudo comparadas as dos autores citados. O oposto ocorreu com as porcentagens de partículas maiores, o que indica que os animais selecionaram de maneira mais intensa no presente experimento.

O primeiro estrato de sobras com partículas maiores do que 19 mm apresentou correlação negativa e moderada com o CAR (r_{CAR} = -0,40; $P<0,01$) e com a CA (r_{CA} = -0,30; $P<0,05$). Isto demonstra que os animais que deixaram maior concentração de

partículas maiores do que 19mm apresentaram menor CAR, ou seja, os animais mais eficientes selecionaram as partículas menores.

A terceira peneira (7,8 a 1,7mm) apresentou correlação moderada e positiva com CAR ($r_{CAR} = 0,38$; $P < 0,01$), indicando que quanto menor o CAR (animais mais eficiente), menor a quantidade de sobras retidas nesta peneira. Este resultado reforça o aquele encontrado na primeira peneira, indicando que os animais mais eficientes selecionaram e ingeriram maior porcentagem de partículas menores em relação aos menos eficientes. A CA não apresentou correlação ($P > 0,05$) com este estrato da peneira.

Não houve correlação significativa ($P > 0,05$) das partículas de sobra retidas na segunda (19 a 7,8mm) e na última peneira ($< 1,7$ mm) com CAR e nem com CA.

O TMPS apresentou correlação negativa e moderada com o CAR ($r_{CAR} = -0,37$; $P < 0,01$) e com a CA ($r_{CA} = -0,26$; $P < 0,05$). Esta correlação indica que quanto menor o TMPS, maior o CAR e a CA, ou seja, animais que deixaram partículas menores em média nas sobras foram mais ineficientes para estes dois parâmetros avaliados.

A seleção dos animais pode diferir conforme a dieta oferecida, sendo que quanto maior o tamanho das partículas, maior será a capacidade dos animais de selecionar esta dieta. Portanto a granulometria do concentrado, o tamanho de partículas de silagens de diferentes forrageiras podem acarretar em diferentes resultados para correlacionar a seleção da dieta pelos animais e eficiência alimentar dos mesmos.

4 CONCLUSÃO

Os animais avaliados para eficiência alimentar neste experimento não apresentaram diferenças quanto ao comportamento ingestivo. Quanto as diferenças em relação a literatura, deve-se considerar os diferentes métodos existentes que podem ser utilizados e acarretar em informações variadas.

A seleção de tamanho de partículas mostra resultados pertinentes e relacionados à eficiência alimentar. A seleção da dieta realizada pelos animais está diretamente relacionada também com a dieta oferecida. Se o concentrado for peletizado, por exemplo, dificulta a avaliação pelo SPPS. O fato de que animais mais eficientes ingerem maior proporção de concentrado pode não ser a única explicação para sua maior eficiência. Vários fatores interferem na eficiência alimentar, que estão envolvidos também com o metabolismo do animal, não somente com a dieta. O aprimoramento de técnicas para melhor conhecimento da interação entre seleção da dieta, comportamento ingestivo e eficiência alimentar podem levar a melhor compreensão destas variáveis.

REFERÊNCIAS

ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2805-2811, 2001.

BINGHAM, G.M.; FRIEND, T.H.; LANCASTER, P.A. et al. Relationship between feeding behavior and residual feed intake in growing Brangus heifers. **Journal of Animal Science**, v.87, p.2685–2689, 2009.

CANCIAN, P.H.; GOMES, R.C.; SILVA, P.C. et al. Associações entre consumo alimentar residual e comportamento ingestivo medido por vídeo-imagem em bovinos da raça Nelore confinados em baias coletivas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: SBZ, 2010. 1 CD-ROM.

CRUZ, G.D.; MONTEIRO, R.B.; RODRIGUEZ, J.A. et al. Performance and residual feed intake are similar in Angus-Hereford steers housed in individual or group pens. **Proceedings**. Western Section: American Society of Animal Science, v. 57, p. 398-400, 2006.

GIBB, D.J.; MCALLISTER, T.A; HUISMA, C. et al. Bunk attendance of feedlot cattle monitored with radio frequency technology. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 78, p.707–710, 1998.

GOLDEN, J. W.; KERLEY, M. S.; KOLATH, W. H. The relationship of feeding behavior to residual feed intake in crossbred Angus steers fed traditional and no-roughage diets. **Journal of Animal Science**, v. 86, p.180-186, 2007.

HEINRICHS, P. J.; KONONOFF, P. J. Evaluating particle size of forages and TMRs using the New *Penn State* Forage Particle Separator. **Cooperative extension**. University Park: Pennsylvania State University/Department of Dairy and Animal Science, 2002. 14p. Disponível em: <<http://www.vetmed.wsu.edu/courses-jmgay/documents/DAS02421.pdf>>. Acesso em: 20/10/2011.

KELLY, A.K.; MCGEE, M.; CREWS, D.H. et al. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition traits in growing heifers. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 109-123, 2010.

KONONOFF, P. J.; HEINRICHS, A. J.; LEHMAN, H.A. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 10, p. 3343-3353, 2003.

LANNA, D.P.D.; CALEGARE, L. R; BERNDT, A. et al. Conversão alimentar – Eficiência econômica de vacas de corte de raças puras e cruzadas. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE, 3., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, p.87-110, 2003.

LANCASTER, P.A.; CARSTENS, G.E.; CREWS, D.H. et al. Evaluation of feed efficiency traits in growing bulls and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass estimates In: Western Section of American Society of Animal Science, 2005, Champaign. **Proceedings**. Champaign: American Society of Animal Science. v. 56, p. 461-464, 2005.

NASCIMENTO, M.L.; TULLIO, R.R.; ALENCAR, M.M. et al. Performance, feed intake, residual feed intake and feed:gain ratio in progeny of Nellore steers housed in individual or group pens. **Journal of Animal Science**, v. 88, (E-Suppl. 2), 2010.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; MÜHLBACH, P. R. M. et al. Comportamento ingestivo e de atividades de novilhos confinados com silagens de milho de diferentes tamanhos de partícula e alturas de colheita. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, n. 2, p. 462-473, 2009.

NKRUMAH, J.D.; OKINE, E.K.; MATHISON, G.W. et al. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 145-153, 2006.

NKRUMAH, J.D.; CREWS, D.H.; BASARAB, J.A. et al. Genetic and phenotypic relationships of feeding behavior and temperament with performance, feed efficiency, ultrasound, and carcass merit of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 2382-2390, 2007.

OLIVEIRA, M.R.; NEUMANN, M.; FARIA, M.V. et al. Comportamento de novilhos confinados com silagens de milho oriundas de diferentes estádios de maturação e níveis de concentrado na dieta. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.1, p. 56-65, 2011.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; et al. Acidosis in cattle: A review. **Journal of Animal Science**, v. 76, p.275–286, 1998.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ARCHER, J.A. et al. Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 44, 441-452, 2004.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **SAS/STAT User's Guide Release.7.0 Edition**. Cary: SAS Institute, 1998.

SILVA, P.Z.N.; GOMES, R.C.; SALAB, B.L. et al. Relações entre seleção de dieta e consumo alimentar residual em bovinos Nelore confinados. I. Tamanho de partículas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: SBZ, 2010. 1 CD-ROM.

TRETTEL, M.; GOMES, R.C.; FORATTO, D. et al. Padrão de comportamento de novilhos Nelore com alto e baixo consumo alimentar residual. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 2008. 1 CD-ROM.

VON FELDE, A; ROEHE, R.; LOOFT, H. et al. Genetic association between feed intake and feed intake behavior at different stages of growth of group-housed boars. **Livestock Production Science**, v.47, p.11-22, 1996.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo demonstraram que variáveis do perfil hematológico pouco estão associadas à eficiência alimentar. Apesar do estresse ser enfatizado por interferir no desempenho de animais, isto não foi observado no presente estudo. A raça dos animais é fator importante no comportamento dos animais. *Bos taurus* normalmente são mais tranquilos e dóceis quando comparados ao *Bos indicus*. A procedência dos animais também é fator relevante, assim como quantos a origem genealógica do rebanho e o grau de consanguinidade.

Quanto ao comportamento ingestivo dos animais em relação à eficiência alimentar, deve-se considerar os métodos existentes que podem ser utilizados e explorar ao máximo as atividades e parâmetros a serem analisados, tentando relacionar com variáveis de eficiência alimentar. Neste estudo, apenas a conversão alimentar apresentou correlação negativa com o tempo de ruminação e positiva com o tempo em ócio. Vale ressaltar que conforme o volumoso oferecido e a quantidade de fibra neste alimento, o tempo de ruminação pode ser diferentes em algumas situações.

A seleção de tamanho de partículas mostra resultados muito interessantes e que estão relacionados à eficiência alimentar. Neste experimento, os animais mais eficientes (baixo CAR) selecionaram e ingeriram maior porcentagem de partículas menores, porém a quantidade total de alimento consumida por esses animais ainda é menor. Portanto, a hipótese de que os animais seriam mais eficientes por ingerir maior quantidade percentual de concentrado, com maior densidade energética em sua dieta pode não ser a explicação correta. A variação na eficiência alimentar de animais é considerável e provavelmente existam mais fatores, como melhor absorção e digestão do alimento, taxas de metabolismo diferentes, entre outros, que também estão envolvidas na eficiência.

Os resultados revelados pelo Separador de Partículas *Penn State* abrem perspectivas para futuras pesquisas em relação à seleção dos animais. Esta área de estudo relacionada à eficiência alimentar ainda é pouco explorada na bovinocultura de corte. A cadeia de produção de aves e suínos já tem conhecimento considerável sobre como explorar o tamanho de partícula em diferentes fases da criação para otimizar o

desempenho dos animais. O conhecimento da interação entre seleção da dieta, comportamento ingestivo e eficiência alimentar podem levar a melhor compreensão destas variáveis.

Pesquisas sobre relações de novas variáveis com a eficiência alimentar também são importante tem grande contribuição para a seleção de animais eficientes. Devidamente aplicados, os resultados irão beneficiar consideravelmente a pecuária de corte, já que trabalhos desta abrangência ainda existem em pequeno número no Brasil.